



Liikenne- ja
viestintäministeriö

Keiteleen kanavan kehittäminen

Työryhmän mietintö



Julkaisun nimi

Keiteleen kanavan kehittäminen. Työryhmän mietintö

Tekijät

Työryhmä

puheenjohtaja: Mikael Nyberg

sihteeri: Olli Holm, Liikennevirasto

Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä

Liikenne- ja viestintäministeriö 27.3.2009

Julkaisusarjan nimi ja numero

**Liikenne- ja viestintäministeriön
julkaisu 3/2010**

ISSN (verkkojulkaisu) 1795-4045
(tuloste) 1457-7488

ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-243-135-6
(tuloste) 978-952-243-136-3

HARE-numero LVM032:00/2009

Asianumero

Asiasanat

bioenergia, Keiteleen kanava

Yhteyshenkilö

Mikael Nyberg

Muut tiedot

Tiivistelmä

Liikenne- ja viestintäministeriö asetti 27.3.2009 työryhmän, jonka tehtävänä oli selvittää Keiteleen kanavan yhteiskuntataloudellinen merkitys ja erityisesti raide- ja vesikuljetusten keskinäinen kustannustehokkuus sekä kartoittaa rahoitusvaihtoehdot. Työryhmän tuli tehdä ehdotus hankekokonaisuuden toteuttamisesta aikatauluineen. Työryhmän alkuperäinen määräaika oli 17.6.2009, mutta määräaika jatkettiin 31.12.2009 saakka.

Työryhmä järjesti työn aikana kaksi kuulemistilaisuutta sekä teetätti taustaselvityksen.

Työryhmä totesi, että pitkällä aikavälillä tulee tapahtumaan suuria muutoksia, joiden vaikutuksia bioenergian kuljetuksiin ei tässä vaiheessa pystytä tarkoin määrittelemään. Näitä ovat mm. Suomen metsäteollisuuden murros, päästöoikeuden hinta, liikenteen hinnoittelun muutokset, kuljetus- ja terminaalijärjestelyt. Työryhmä onkin tehnyt johtopäätöksensä vuoteen 2015 ulottuvalle aikavälille. Työryhmä korostaa, että toimintaympäristön muuttuessa tilanne on arvioitava uudestaan.

Työryhmän arvion mukaan pääosa metsähakkeen kuljetusketjuista perustuu tienvarsihaketukseen ja maanteitse tapahtuvaan hakkeen kuljetukseen käyttökohteelle. Maanlaajuisesti hakkeen rautatiekuljetuksille on olemassa merkittävää potentiaalia, mutta sen toteutuminen edellyttää investointeja terminaaleihin sekä kuljetusvälineisiin. Uudentyyppiselle biopolttoaineita kuljettavalle alukselle ei ole taloudellisia edellytyksiä Keiteleen ja Päijänteen alueella, koska alusliikenteelle ei synny riittävää kysyntää lyhyehköjen kuljetusmatkojen ja hankinta-alueen suuntautumisen vuoksi. Siten Keiteleen kanavan parantamiselle ei tällä hetkellä ole osoitettavissa yhteiskuntataloudellista kannattavuutta.

Publicationsdatum
11.2.2010

Publikation

Keiteleen kanavan kehittäminen (Utveckling av Keitele kanal), arbetsgruppsbetänkande

Författare

Arbetsgrupp

ordförande: Mikael Nyberg

sekreterare: Olli Holm, Trafikverket

Tillsatt av och datum

Kommunikationsministeriet 27.3.2009

Publikationsseriens namn och nummer

**Kommunikationsministeriets
publikationer 3/2010**

ISSN (webbpublikation) 1795-4045
(utskrift) 1457-7488

ISBN (webbpublikation) 978-952-243-135-6
(utskrift) 978-952-243-136-3

HARE-nummer LVM032:00/2009

Ärendenummer

Ämnesord

bioenergi, Keitele kanal

Kontaktperson

Mikael Nyberg

Övriga uppgifter

Sammandrag

Kommunikationsministeriet tillsatte 27.3.2009 en arbetsgrupp med uppdraget att klargöra Keitele kanals samhällsekonomiska betydelse. Syftet var att särskilt redogöra för kostnadseffektiviteten inbördes mellan järnvägstransporter och sjötransporter samt att kartlägga finansieringsalternativen. Arbetsgruppen hade som uppgift att lägga fram ett förslag till projektgenomförande med tidsplan. Arbetsgruppens mandat, som var utsatt till 17.6.2009, förlängdes till 31.12.2009.

Arbetsgruppen ordnade under arbetets gång två utfrågningar och lät sammanställa en redogörelse om bakgrundsfaktorerna.

Arbetsgruppen konstaterade att det på lång sikt kommer att ske stora förändringar. Vilka konsekvenser det har för transporterna av bioenergi kan inte i detta skede exakt förutses. Förändringarna föräns bl.a. av omvälvningen inom den finska skogsindustrin, utsläppsrätternas pris, ändringar i prissättningen av trafiken och transport- och terminalarrangemangen. Arbetsgruppen har därför dragit sina slutsatser för tiden fram till 2015. Arbetsgruppen framhåller att läget bör bedömas på nytt när verksamhetsmiljön förändras.

Enligt arbetsgruppens bedömning grundar sig största delen av transportkedjorna av skogsbränsle på flisning vid bilväg och transport av flisen på landsväg till förbrukningsstället. I hela landet finns det en avsevärd potential för transport av flis på järnväg, men för att genomföra transporterna krävs investeringar i terminaler och transportmedel. Inom Keitele- och Päijänneområdet finns inga ekonomiska förutsättningar för fartyg av ny typ som fraktar biobränslen, eftersom efterfrågan på fartygstrafik inte är tillräckligt stor på grund av att transportsträckorna är rätt korta och upphandlingsområdet inte är rätt inriktat. Därmed går det inte för närvarande att påvisa någon samhällsekonomisk lönsamhet för upprustningen av Keitele kanal.



Date
11 February 2010

Title of publication

Development of the Keitele canal. Working group report

Author(s)

Working group

Chair: Mr Mikael Nyberg, Ministry of Transport and Communications

Secretary: Mr Olli Holm, Finnish Transport Agency

Commissioned by, date

Publication series and number

**Publications of the Ministry of
Transport and Communications
3/2010**

ISSN (online) 1795-4045

(print) 1457-7488

ISBN (online) 978-952-243-135-6

(print) 978-952-243-136-3

Reference number

Keywords

bio-energy, Keitele canal

Contact person

Mikael Nyberg

Other information

Abstract

The Ministry of Transport and Communications of Finland appointed a working group on 27 March 2009 to examine the socio-economic importance of the Keitele canal, particularly the cost-efficiency of rail and water transport, and to identify the available finance alternatives. The working group was to make a proposal for the implementation of the projects involved, including their time schedules. The deadline for the work was 17 June 2009, but was extended to 31 December 2009.

The group arranged two consultations and commissioned a background research.

The working group states that major changes are expected in the economy in the long term and their impact on transport of bio-energy cannot be determined at this stage. The changes include the ones expected in the Finnish forest industry, in the price of emission allowances, in transport pricing, and in transport and terminal arrangements. Thus, the working group limited the conclusions to cover a period until 2015. The working group emphasises that any changes in the operating environment will give reason to a review of the situation.

It is the working group's estimate that a majority of transport chains involving whole tree chips are based on roadside chipping and transport of chips by road to their end destination. There is a significant global potential for railway transport of chips, but the implementation would require investments in terminals and means of transport. There are no economic conditions in the Keitele and Päijänne regions for a vessel carrying new types of bio-fuels, because there would be not enough demand due to rather short transport journeys and the location of the raw material areas. Thus, in the light of the current data, improvement of the Keitele canal does not seem socio-economically profitable.

Sisällysluettelo

1.	Bioenergian käytön ja kuljetusten nykytila	5
2.	Bioenergian käyttötavoitteet	5
3.	Puuperäisen energian saatavuus sekä käyttö Keski-Suomen alueella.....	7
4.	Puuenergiakuljetukset ja niiden jakautuminen eri kuljetusmuodoille	8
5.	Kuljetusten edellyttämät investoinnit ja vaikutukset liikenneväylien ylläpitoon...	16
6.	Päästöt ja onnettomuudet.....	18
7.	Yhteiskuntataloudellinen merkitys.....	19
8.	Rautatie- ja aluskuljetusten käyttömahdollisuudet bioenergiakuljetuksissa.....	20
9.	Työryhmän johtopäätökset	22
Lähdeluettelo.....		24
Liite 1: Työryhmän asettamiskirje		
Liite 2: Työryhmän laatimat selvitykset ja kuullut tahot		
Liite 3: Käytetyt yksiköt ja termit		
Liite 4: Puupolttoaineiden kuljetusten optimointi, taustaselvitys (erillinen liite)		

LIIKENNE- JA VIESTINTÄMINISTERIÖLLE

Liikenne- ja viestintäministeriö asetti 27.3.2009 työryhmän, jonka tehtävänä oli selvittää Keiteleen kanavan yhteiskuntataloudellinen merkitys ja erityisesti raide- ja vesikuljetusten keskinäinen kustannustehokkuus sekä kartoittaa rahoitusvaihtoehdot. Työryhmän tuli tehdä ehdotus hankekokonaisuuden toteuttamisesta aikatauluineen. Työryhmän alkuperäinen määräaika oli 17.6.2009, mutta määräaika jatkettiin 31.12.2009 saakka.

Työryhmä laajensi selvitystyötä työn aikana laaditun esiselvityksen ja kuulemistilaisuuden perusteella varsinaista tehtäväksi antoa laajemmaksi. Työryhmän laatima selvitys kattaa seuraavat osa-alueet:

- Bioenergian sekä niiden vesi- ja rautatiekuljetusten potentiaalin sekä kysynnän hankkeen koko vaikutusalueella.
- Kokonaiskuljetuskustannukset ja niiden laskentaperusteet eri vaihtoehdoissa
- Terminaali- ja alusliikenteen toimintaedellytykset
- Hankkeen kustannusarvion tarkentaminen
- Yhteiskuntataloudelliset arviot
- Tulevaisuusskenaariot ja herkkyyštarkastelut

Työryhmä järjesti kaksi kuulemistilaisuutta sekä teetti taustaselvityksen.

Työryhmän työn taustalla ovat Euroopan unionin Suomea sitovat päätökset lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä vuoden 2006 28,5 %:sta 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä sekä Jyväskylän Energia Oy:n valmistumisvaiheessa olevalle Keljonlahden voimalaitoksen polttoainekuljetuksiin ehdotettu uusi alustyyppi. Ehdotettujen aluskuljetusten käyttö edellyttäisi Keiteleen kanavan ja alueen väyläverkoston parantamista sekä aluskuljetusten terminaaliverkoston rakentamista.

Hankkeen kuvaus

Keiteleen kanavan ja siihen liittyvän vesiväylästäön parantaminen Keiteleen ja Päijänteen alueella käsittää neljän Keiteleen kanavasillan sekä yhden Keiteleellä sijaitsevan sillan korottamisen 8,0 metrin alikulkukorkeudelle sekä kanavasulkujen ja väylästäön parantamisen vastaamaan aluskuljetusten ja talviliikenteen edellytyksiä.

Keiteleen kanava valmistui vuonna 1993 lähinnä uiton käyttöön, mutta metsäteollisuuden uudelleenjärjestelyiden myötä uitto alueella on loppunut. Alkuperäisenä suunnittelutavoitteena oli 8 metrin alikulkukorkeus koko kanavareitillä, mutta tuolloin ei ollut nähtävissä tarvetta ko. alikulkukorkeudelle. Tämän vuoksi tavoitteesta luovuttiin kanavan rakennusaikana, ja päädyttiin nostamaan alikulkukorkeus tavoitetasolle siltojen uusimisien myötä pidemmällä aikavälillä. Kanavan valmistumisen jälkeen rakennetut sillat onkin rakennettu 8 metrin alikulkukorkeudelle.

Aluskuljetuksia varten on suunniteltu uusi alustyyppi, joka kykenee kulkemaan itsenäisesti ympärivuotisesti, joten erillistä jäänmurtokalustoa alueelle ei tarvita. Aluksen lastinottokyky on noin 7 000 m³, ja sen lastaus- ja purku tapahtuu pneumaattisesti, joten terminaali-alueilla ei tarvita erillistä lastaus- tai purkukalustoa.

Hankkeen kustannusarvio on silta- ja vesiväyläjärjestelyiden osalta noin 30 milj. euroa, alueterminaalien osalta noin 15 milj. euroa ja kuljetuksiin käytettävän aluksen osalta noin 22 milj. euroa eli yhteensä kokonaisinvestointi on noin 67 milj. euroa.

Tehdyt selvitykset

Työryhmä on laatinut selvityksen biopolttoainekuljetuksista Keski-Suomessa, jossa arvioitiin puuenergiansaataavuutta erityisesti Keski-Suomen energia- ja teollisuuslaitoksilla ja

eri kuljetusmuotojen käyttöä näissä kuljetuksissa. Autokuljetuksen lisäksi vaihtoehtoisina kuljetusmuotoina tutkittiin suunniteltuun uuteen alustyyppiin perustuvia vesikuljetuksia sekä konttien käyttöön perustuva rautatiekuljetusjärjestelmä. Osana alus- ja rautatiekuljetusjärjestelmää ovat terminaalit, joissa puupolttoaineet haketetaan ja lastataan alukseen tai junavaunuihin. Tarkasteluvuosi on 2015.

Kilpailutilanteen vuoksi energiapuun tavaravirtoja tarkasteltiin koko valtakunnan tasolla. Tämä tarkoittaa, että energiapuun kysyntäpaikkoina otettiin huomioon kaikki energia-puuta ja turvetta käyttävät kohteet (energiantuotantolaitokset, pellettitehtaat, sellutehtaat jne.).

Energiapuun tarjonnassa otettiin huomioon pääte- ja harvennushakkuista saatavat metsähakkeet (hakkuutähde, pienpuu ja kannot) sekä metsäteollisuuden sivutuotteina saatava kuori, puu ja hake, joka ei mene tuotantolaitokseen omaan energiantuotantoon. Turvetta tarkasteltiin selvityksenä ns. vaihtoehtoisena energiamuotona, joka vaikuttaa osaltaan siihen, onko energiapuun käyttö kannattavaa. Selvityksen ovat laatineet Ramboll Finland yhteistyössä Pöyry Energy Consultingin kanssa. Työryhmä on järjestänyt selvitystyön laadinnan yhteydessä kaksi kuulemistilaisuutta.

Tämän selvityksen lisäksi työryhmä on tarkentanut hankkeen kustannusarvioita sekä arvioinut laajemmin energia- ja ilmastopoliittisen selonteon tavoitteiden ja pidemmän aikavälin muutosten merkitystä biopolttoaineiden tarjontaan, kysyntään ja kuljetuksiin.

Työryhmän johtopäätökset

Työryhmän tekemien selvitysten perusteella työryhmä toteaa, että lyhyellä aikavälillä

- Pääosa metsähakkeen kuljetusketjuista perustuu tienvarsihaketukseen ja maanteitse tapahtuvaan hakkeen kuljetukseen käyttökohteelle.
- Maanlaajuisesti hakkeen rautatiekuljetuksille on olemassa merkittävää potentiaalia, mutta sen toteutuminen edellyttää investointeja terminaalisiin sekä kuljetusvälineisiin, lähinnä hakekuljetuksiin soveltuviin kontteihin. Myös rataverkon suunnitellut investoinnit tulisi toteuttaa.
- Proomukuljetusjärjestelmään perustuvalla hakkeen kuljetusketjulla on nykytilanteessa suunniteltuja bioaluskuljetuksia parempi kilpailukyky.
- Taloudellisia edellytyksiä suunnitellulle uudentyyppiselle biopolttoaineita kuljettavalle alukselle ei ole Keiteleen ja Päijänteen alueella, koska alusliikenteelle ei synny riittävää kysyntää lyhyehköjen kuljetusmatkojen ja hankinta-alueen suuntautumisen vuoksi. Siten suunnitellulle Keiteleen kanavan parantamiselle ei tällä hetkellä ole osoitettavissa yhteiskuntataloudellista kannattavuutta.
- Uudentyyppisen aluksen liiketaloudellisesti kannattava käyttö kuljetuksiin edellyttää alusinvestointiin kohdistettavaa tukea sekä terminaaliverkoston rakentamista ja Keiteleen kanavan parantamista.

Pitkällä aikavälillä tehtyihin johtopäätöksiin liittyy myös merkittäviä epävarmuustekijöitä ja tekijöitä, joiden vaikutusta ei tässä vaiheessa pystytä arvioimaan. Tällaisia tekijöitä ovat muun muassa:

- Uusiutuvan energian käyttötavoitteet lisäävät biopolttoaineiden kysyntää merkittävästi.
- Suomen metsäteollisuuden muutos vaikuttaa merkittävästi raakapuun hankintaan, hankintamääriin ja metsäteollisuuden sivutuotteiden syntymiseen.
- Terminaaleihin perustuvan kuljetusjärjestelmän lisääntyvä käyttö
- Päästöoikeuden hinnan mahdollinen nousu ja päästökaupan mahdollinen ulottaminen maantieliikenteeseen
- Mahdolliset muutokset liikenteen hinnoittelussa

- Euroopan unionin poliittiset päätökset.
- Raskaalle tieliikenteelle mahdollisesti asetettavat rajoitukset

Mahdolliset pitkän aikavälin muutoksen parantavat etenkin rautatiekuljetusten, mutta myös aluskuljetusten kilpailukykyä. Näiden muutosten merkittävyyttä tai ajallista ulottuvuutta on hankala arvioida, mutta on todennäköistä, että pidemmällä aikavälillä yhä suurempi osa metsähakekuljetuksista tulee tapahtumaan rautatie- ja aluskuljetuksina. Tilannetta onkin työryhmän mielestä seurattava tarkasti ja tarvittaessa arvioitava uudelleen.

Hankkeen rahoitusmahdollisuudet ja mahdollinen toteutusaikataulu

Työryhmä arvioi myös toimeksiannon mukaisesti hankkeen rahoitusmahdollisuuksia. Euroopan unionin mahdollisista rahoituslähteistä rakennekehitysrahastoista on mahdollista suunnata osarahoitus hankkeen toteuttamiseen. Sen sijaan Marco Polo –ohjelman rahoituksen myöntäminen hankkeen toteutukseen on erittäin epätodennäköistä

Jos Keiteleen kanavan kehittäminen ja siihen liittyvät tiestöön ja rataverkkoon kohdistuvat toimenpiteet katsotaan mm. ylläkuvattujen muutostekijöiden valossa välttämättömäksi, rahoitusta ei työryhmän arvioiden mukaan ole saatavissa muutoin kuin valtion talousarvion kautta. Kustannukset Keiteleen liikenneverkon kehittämisen osalta ovat 30 milj. euroa ja terminaalien kehittämisen osalta 15 milj. euroa. Vaajakosken kohdalla siltajärjestelyt olisi tarkoituksenmukaista toteuttaa vt 4 Vaajakoski-projektin yhteydessä, jonka kustannusarvio on 85 milj. euroa. Aikaisin mahdollinen aikataulu vt 4 projektille on 2013-2014.

Hankkeet eivät sisälly liikennepoliittiseen selontekoon ja niistä olisi tehtävä erillinen päätös. Alusliikenteen käynnistämisen edellyttämästä tuesta on lisäksi päätettävä erikseen.

Hankkeen toteutusaikataulu voisi mahdollistaa täysimittaisen aluskuljetusten käynnistämisen alueella vuonna 2014-2015.

Työryhmän mietintö on yksimielinen.

Helsingissä 7.1.2010

Mikael Nyberg
työryhmän puheenjohtaja

Jukka Saarinen

Kaisa Pirkola

Anita Mikkonen

Keijo Kostiainen

Olli Holm

Timo Välke

Seppo Kosonen

Jaana Kuusisto

Riitta Viren

1. Bioenergian käytön ja kuljetusten nykytila

Suomessa uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus energian loppukulutuksesta vuonna 2006 oli 28,5 prosenttia. Vuonna 2007 uusiutuvien energialähteiden käyttö oli noin 103,5 TWh ja vuonna 2008 noin 108 TWh. Merkittävin uusiutuvan energian lähde on teollisuuden sivutuotteina syntyvät energialähteet (taulukko 1), jota hyödynnetään pääosin energiatuotannossa joko itse teollisuuslaitoksella tai sen läheisyydessä.

Metsähake koostuu metsien päätehakkuiden ja harvennusten yhteydessä kerättävästä puubiomassalle (oksat, latvukset ja kannot). Haketta käyttäviä voimalaitoksia on suhteellisen tiheästi Suomessa, joten tyypillisesti puubiopolttoaineet kuljetetaan nykyisin lähistöllä sijaitsevalle käyttökohteelle maantiekuljetuksin. Metsähakkeen käyttökohteiden määrä on lisääntynyt merkittävästi 2000-luvun aikana, ja vuonna 2015 niitä arvioidaan olevan yli 550. Energialaitosten kanssa puuraaka-aineesta kilpailevia pellettitehtaita vuonna 2015 arvioidaan olevan 28.

Keski-Suomen alueella tärkeimmät bioenergian käyttökohteet ovat Rauhanlahden nykyinen voimalaitos sekä tuleva Keljonlahden voimalaitos sekä Jämsän ja Jämsänkosken teollisuuslaitosten yhteydessä olevat voimalaitokset. Myös Äänekoskella ja Karstulassa on biopolttoainetta käyttävät voimalaitokset. Olemassa oleville voimalaitoksille oksien ja latvusten sekä pienpuuston bioenergiakuljetukset tapahtuvat tällä hetkellä maantiekuljetuksin, haketuksen tapahtuessa pääosin tienvarsihaketuksena. Terminaaleissa tapahtuvan haketuksen osuus on noin 10 %. Kantoja hyödynnettäessä terminaalihaketuksen osuus on kuitenkin noin 30 %, pääosan haketuksesta itse käyttöpaikalla. Teollisuuslaitosten yhteydessä olevat biopolttoaineita käyttävät voimalaitokset hyödyntävät tuotannon sivutuotteina syntyvää biomassaa.

Yleisen taloudellisen tilanteen ja metsäteollisuudessa tapahtuneiden järjestelyiden vuoksi biopolttoainehankinnassa on tapahtunut merkittäviä muutoksia metsäteollisuuden sivutuotteiden määrän laskun myötä. Useita tuotantolaitoksia on suljettu, mikä on muuttanut myös raakapuumarkkinoiden tilannetta.

Uusiutuvien energialähteiden osuus energiatuotannossa vuonna 2006 oli 28,5 %

Metsähakkeen haketus tapahtuu pääosin tienvarsihaketuksena

Metsähakkeen käyttökohteita on vuonna 2015 maanlaajuisesti noin 550.

Päijänteen ja Keiteleen alueella merkittävimmät käyttökohteet Jyväskylän ja Jämsänjokilaakson alueella.

2. Bioenergian käyttötavoitteet

Euroopan unioni on asettanut sitovan tavoitteen nostaa uusiutuvien energianlähteiden käyttö EU:n alueella 20 prosenttiin energian loppukulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2005 vastaava luku oli 8,5 prosenttia. Tavoite on jaettu tarkemmin jäsenmaittain. Suomelle asetettu tavoite vuodelle 2020 on nostaa uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta 38 prosenttiin. Suomessa uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus energian loppukulutuksesta vuonna 2006 oli 28,5 prosenttia.

Asetettuun tavoitteeseen pääseminen edellyttää energia- ja ilmastopolitiikan toimenpiteitä. Suomessa bioenergia edustaa lähes 90 % uusiutuvista energialähteistä. Suomessa suurin osa biopohjaisesta energiasta tulee puusta metsäteollisuuden sivutuotteina, jotka hyödynnetään jo nykyisin täysimääräisesti joko teollisuuden omissa kattiloissa, voimalaitoksissa tai lämpökeskuksissa. Metsäteollisuuden rakennemuutoksesta johtuen niiden määrän oletetaan olevan laskeva. Näin ollen puuperäisen energian kasvutavoitteet on asetettu nimenomaan metsähakkeelle, eli metsien päätehakkuiden ja harvennusten yhteydessä kerättävän puubiomassalle.

6.11.2008 julkaistussa kansallisessa pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiassa arvioidaan miten komission Suomelle asettama velvoite voitaisiin täyttää. Syksyllä 2009 on päivitetty laskelmia, ja niiden mukaan uusiutuvan energian määräarviot vuonna 2020 on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Uusiutuvan energian käyttö energialähteittäin primäärienergiana, TWh vuodessa

	2007	2008	2020
Teollisuuden tuotannosta riippuvat polttoaineet	65,1	56,9	42
Metsähake	6,1	9,4	21
Vesivoima	14,0	16,9	14
Tuulivoima	0,2	0,3	6
Muu uusiutuva energia	18,1	17,5	28
Yhteensä	103,5	108	111

Kansallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa on asetettu tavoitteeksi metsähakkeen käytön kolminkertaistaminen energiatuotannossa vuoden 2006 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Merkittävä osa metsähakevaroista on keskittynyt Keski- ja Itä-Suomeen.

Keski-Suomen liitto on maakuntasuunnitelmassaan asettanut alueelliseksi tavoitteeksi lisätä uusiutuvan energian tuotantoa noin 4 TWh vuoteen 2015 mennessä. Tämä tarkoittaa puulla tuotetun energian tuotannon lisäämistä noin 1,6 TWh:lla vuoden 2006 tasosta.

Turvetta ei lueta uusiutuvaksi biomassaksi, eikä sitä siten lasketa uusiutuvan energian osuuteen. Turpeella on kuitenkin olennainen merkitys seospolttoaineena puun poltossa. Lisäksi turpeen käyttö on tärkeää energiahuollon normaali- ja poikkeusaikojen varmuuden ja energiarakenteen monipuolistamisen vuoksi. Kansallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa turpeen energiakäytölle ei ole asetettu kasvutavoitteita, vaan sen arvioidaan olevan vuonna 2020 20 TWh eli lähes vuoden 2008 tasolla (22 TWh). Keski-Suomen liitto on maakuntasuunnitelmassaan asettanut turpeella tuotetun energian lisäystavoitteeksi 1,2 TWh:n lisäyksen vuoden 2006 tasoon verrattuna (2,2 TWh), mikä merkitsee noin 55 % lisäystä turpeen käytössä.

Nyt käytössä ja suunnitteilla olevat bioenergiavoimalaitokset tulevat täyttämään tämän tavoitteen lähes kokonaisuudessaan.

Suomelle asetettu tavoite on nostaa uusiutuvan energian osuus 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä.

Tavoitteena on noin kolminkertaistaa metsähakkeen käyttö energiatuotannossa vuoden 2006 tasosta vuoteen 2020 mennessä

Turpeelle ei ole asetettu kansallisia käyttötavoitteita eikä sitä lueta uusiutuvaksi energialähteeksi.

Keski-Suomi on asettanut omat alueelliset tavoitteet uusiutuvan energiatuotannon lisäämiseksi.

3. Puuperäisen energian saatavuus sekä käyttö Keski-Suomen alueella

Selvityksessä arvioitiin metsähakkeen saatavuutta ja käyttöä Keski-Suomen alueella. Puupolttoaineen tarjonnan kuvaus perustuu leimikko- ja metsäteollisuustietokantaan. Leimikkotietokanta sisältää noin 170 000 korjuukohdetta. Leimikkotietokannan tiedot perustuvat Metsäteho Oy:n ja Pöyryn tekemään mm. metsäenergiapotentiaaleja koskevan selvitykseen. Laskentojen lähtöaineistona käytetään vuosien 2006–2007 toteutuneita ainespuuhakkuista sekä leimikkokohtaisia metsähakekertymätietoja Suomessa. Vastavasti metsäteollisuustietokanta sisältää kaikki Suomen teollisuuskokoluokan sahat sekä kaikki puumassa-, vaneri ja levytehtaat.

Kansallisesti metsähakkeen teoreettinen tarjonta on vuonna 2015 yhteensä noin 104,5 TWh ja teknis-ekologinen potentiaali noin 42,9 TWh Metsäteho Oy:n ja Pöyryn vuonna 2009 laatiman selvityksen mukaan. Metsäteollisuuden sivutuotteiden määräksi on arvioitu noin 22,9 TWh. Pääosa hakevaroista on keskittynyt Keski- ja Itä-Suomeen. Sivutuotetarjonta on luonnollisesti suurimmillaan metsäteollisuuspaikkakunnilla. Keski-Suomen alueella metsähakkeen teknis-ekologinen tarjontapotentiaali on noin 3,3 TWh.

Teknis-ekologisen potentiaalin toteutumiseen vaikuttavat mm. puumarkkinatilanne, metsähakkeen hintataso, metsänomistajien myyntihalukkuus, päästöoikeuden hinta, kilpailuvien polttoaineiden (turpeen, kivihiilen, öljyn jne) hinta sekä kestävän metsätalouden energiapuun korjuu- ja haketustuen (Kemera) taso. Mikäli päästöoikeuden hinta olisi 30 €/t, Metsäteho ja Pöyry arvioivat metsäenergiaa hyödynnettävän noin 27 TWh vuonna 2020, mikä vastaa runsasta 13 - 14 milj. kuutiometriä metsähaketta.

Puupolttoaineiden käyttöpisteitä ja energiapuun tavaravirtoja tarkasteltiin koko valtakunnan tasolla. Tämä tarkoittaa, että energiapuun kysyntäpaikkoina otettiin huomioon kaikki energiapuuta ja turvetta käyttävät kohteet (energiantuotantolaitokset, pellettitehtaat, sellutehtaat jne.).

Puupolttoaineiden käyttökohteita on jo nykyisin runsaasti, keskittyen metsäteollisuuspaikkakunnille. Lisäksi uutta ja korvaavaa puupolttoaineita käyttävää laitoskapasiteettia arvioidaan rakennettavan ennen vuotta 2020 yli 4 400 MW. Merkittävimmät uudet laitosinvestoinnit ovat Jyväskylän Energia Oy:n Keljonlahden voimalaitoksen lisäksi Kaukaan Voima Oy:n Lappeenrannan, Kuopion Energia Oy:n Haapaniemen ja Porin Prosessivoima Oy:n Kaanaan voimalaitokset. Nykyisillä investointisuunnitelmilla puupolttoaineiden käyttöä voidaan lisätä aina 28 TWh:iin asti.

Keski-Suomen alueella Keljonlahden tarvitsemaksi puupolttoainemääräksi on arvioitu 2 030 GWh ja muiden tarkastelualueen polttolaitosten tarpeeksi noin 3 000 GWh.

Metsähakkeen teknis-ekologinen tarjontapotentiaali on kansallisestii noin 42,9 TWh vuonna 2015, josta Keski-Suomen osuus on noin 3,3 TWh.

Biopolttoaineiden käyttökohteita on runsaasti, ja lisälaitoskapasiteettia on suunnitteilla.

Keski-Suomen alueella Keljonlahden uusi voimalaitos vastaa noin 40 %:sta koko alueen biopolttoaineiden käytöstä.

4. Puuenergiakuljetukset ja niiden jakautuminen eri kuljetusmuodoille

4.1 Lähtökohdat

Työryhmän työskentelyn pohjana käytettiin Metsätehon ja Pöyryn keväällä 2009 laatimaa selvitystä puuperäisen energian tarjonnasta ja kysynnästä Suomessa.

Selvityksessä on mallinnettu Suomen energiatarvetta vuodelle 2015 kansallisen ilmasto- ja energiastrategian tavoiteuran ja perusuran pohjalta. Päästöoikeuden perushintana selvityksessä on käytetty 20€/t CO₂, ja lisäksi on arvioitu 30 €/t CO₂ päästöoikeushinnan vaikutuksia. Pöyryn ja Metsätehon laskelmissa energiapuun korjuu- ja haketustuen on arvioitu puolittuvan nykyisestä. Kilpailevien polttoaineiden hinnaksi arvioitiin:

- Turve 10,5 €/MWh
- Hiili 7,5 €/MWh
- Öljy 30 €/MWh
- Pelletti 220 €/t (~47 €/MWh)

Perustilanteessa selvityksessä huomioitiin viimeaikaiset metsäteollisuuden supistukset (tilanne maaliskuussa 2009) sekä tehtiin seuraavat olettamukset:

- Pellettituotanto on perustilanteessa 850 000 tonnia vuodessa, ja se hankkii 70 % raaka-aineestaan markkinoilta
- Sellu- ja levyteollisuus saa tarvitsemansa raaka-aineen
- Puupolttoainevientiä ei ole

Työryhmä rajasi kuljetustarkasteluun otettavat biomassat vain puuhun. Työryhmässä ja sen teettämässä konsulttitoimeksiannossa ei arvioitu muita energian tuotantoon vuonna 2015 mahdollisesti käytettäviä biomassoja (ruokohelpi yms) tai metsäteollisuuden sivutuotteita, eikä niiden kuljetustarvetta. Turpeen oletettiin olevan jatkossakin rinnakkaispolttoaine tarkastelualueen voimalaitoksissa. Turpeen kuljetusten tai varastoinnin logistiikkaa ei tarkasteltu.

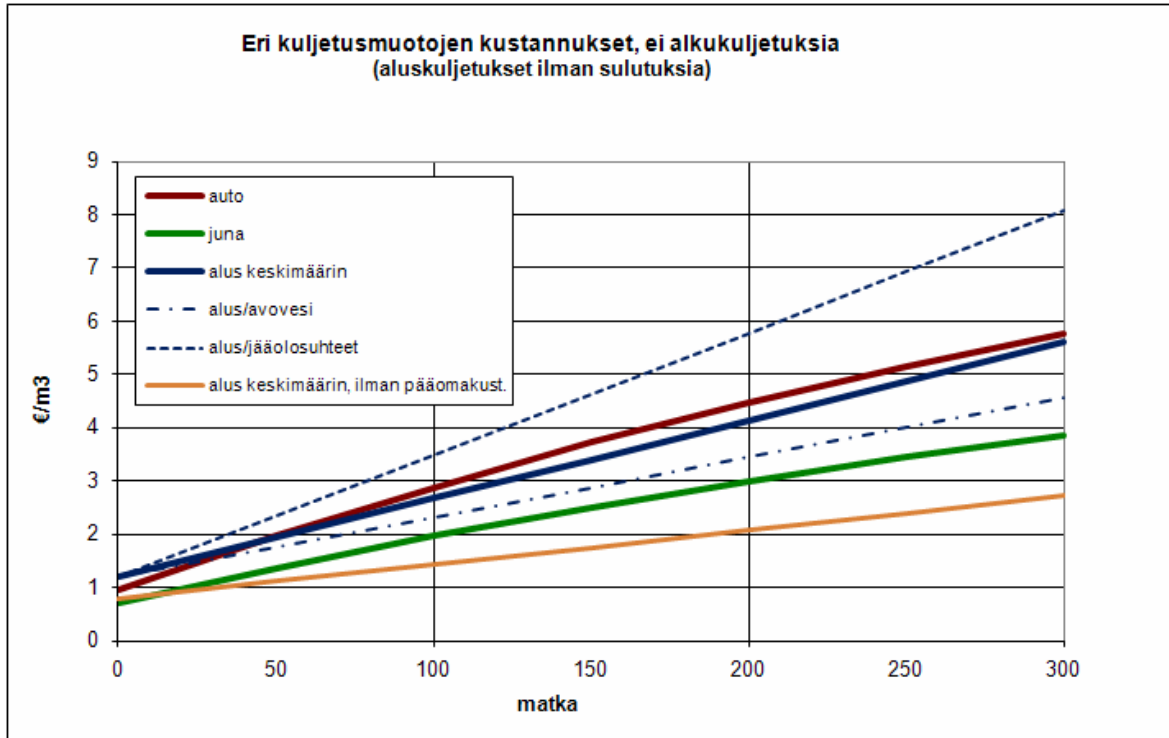
Biopolttoaineen käyttökohteita on Suomessa runsaasti, ja useita suuria laitosinvestointeja on tulossa. Energialaitosten maksuhalukkuuteen puupolttoaineesta vaikuttaa merkittävästi päästöoikeuden hinta ja vaihtoehtoisten polttoaineiden hinta. Nämä tekijät vaikuttavat merkittävästi markkinatilanteeseen ja kuljetusten ohjautumiseen.

4.2 Kuljetusten mallintaminen

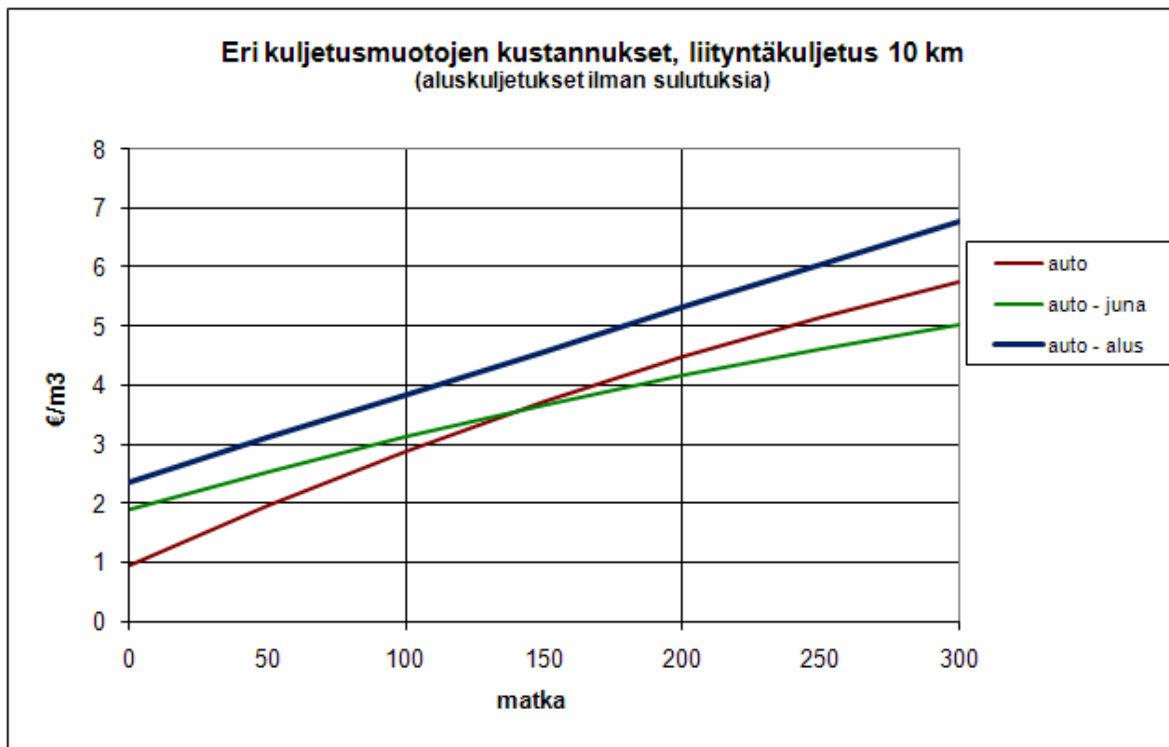
Kuljetustarkasteluissa huomioitiin siis ainoastaan metsähakkeen kuljetus. Muut energia-biomassat ja metsäteollisuuden sivutuotteet on rajattu tarkastelun ulkopuolelle. Kuljetusten mallintamisen sisältyi työryhmän tilaamaan konsulttiselvitykseen, jonka laati Ramboll Finland yhteistyössä Pöyry Energy Consultingin kanssa. Kuljetusten mallintaminen tapahtui muodostamalla eri kuljetusmuodoille kustannusfunktiot sekä alus- ja junakuljetusten verkkokuvauksella. Lähtökohtana aluskuljetusten kustannusfunktiossa olivat suunnitellusta aluksesta Laffcomp Oy:ltä saadut kustannus-, miehitys- ja muut kustannustiedot, ratakuljetuksissa Metsätehon raakapuukuljetusten kustannustiedot sovellettuna hakekuljetuksiin ja maantiekuljetuksissa todelliset rahtihinnat. Eri kuljetusmuotojen kustannukset ilman alkukuljetusmatkaa ja eri alkukuljetusmatkoin on esitetty kuvissa 1 – 3.

Näistä kuvista nähdään alkukuljetusmatkan vaikuttavan ratkaisevasti eri kuljetusmuotojen kokonaiskustannuksiin. Vertailtaessa eri kuljetusmuotojen kuljetuskustannuksia ilman alkukuljetusmatkaa ovat rautatiekuljetukset kustannuksiltaan pienimmät, mutta jo 10 km:n alkukuljetusmatka muuttaa maantiekuljetuksen edullisimmaksi alle 120 km:n kuljetuksissa. Avovesiolosuhteissa aluskuljetukset ovat myös kustannuksiltaan tiekuljetuksia

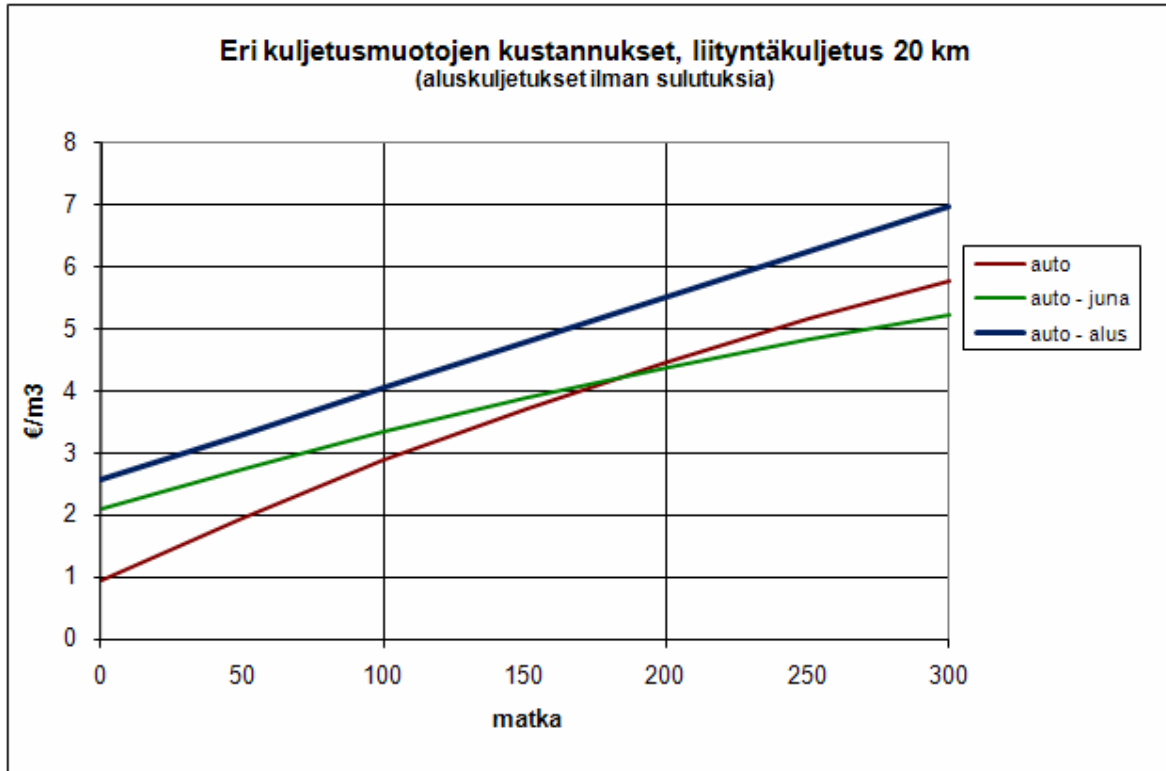
edullisempia yli 50 km:n kuljetusmatkoilla, mutta jääolosuhteissa tapahtuvan liikenteen korkeat kustannukset nostavat niiden kustannukset vuositasolla tiekuljetusten tasolle.



Kuva 1. Eri kuljetusmuotojen kustannukset ilman alkukuljetusta



Kuva 2. Eri kuljetusmuotojen kustannuksen 10 km:n alkukuljetuksella



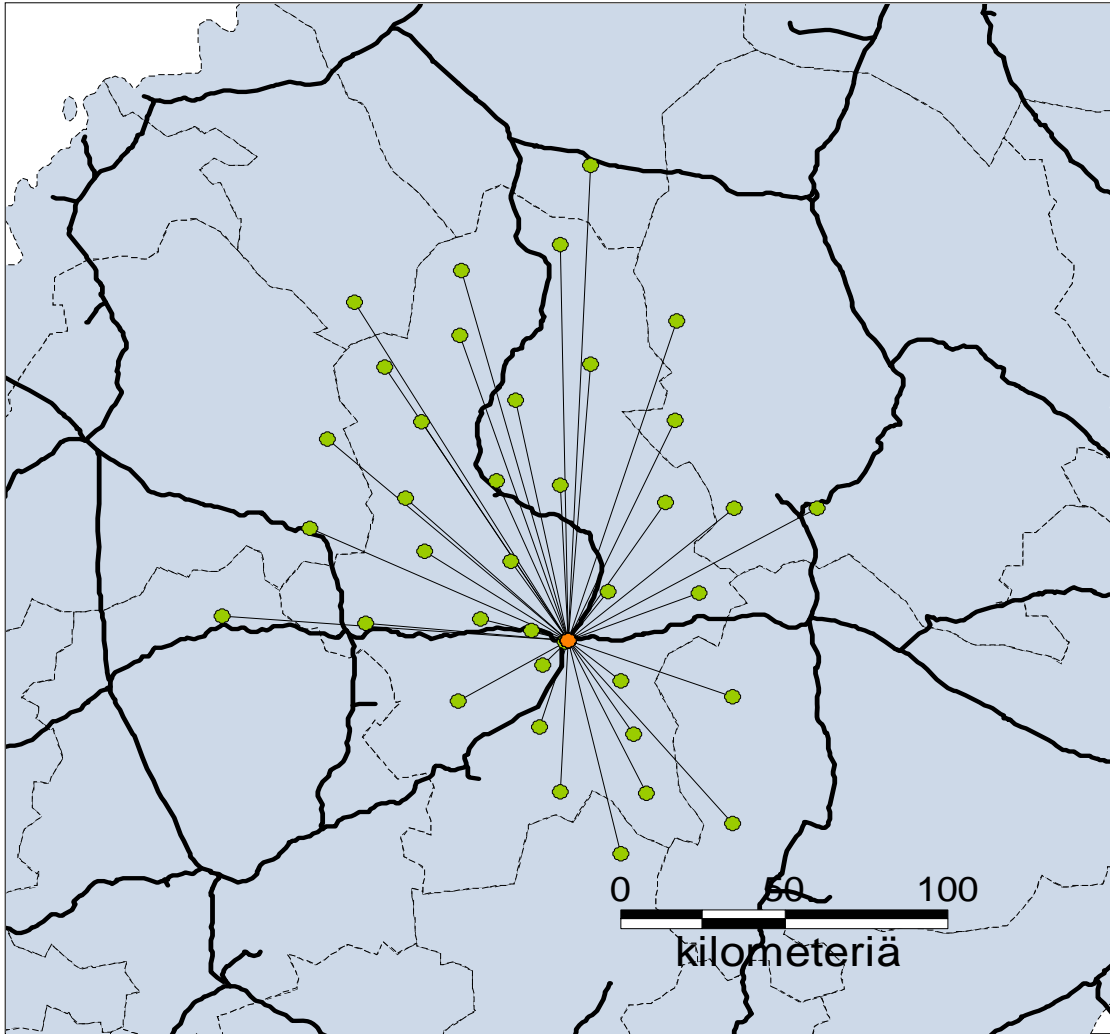
Kuva 3. Eri kuljetusmuotojen kustannuksen 20 km:n alkukuljetuksella

Arvioitujen kuljetuskustannusten perusteella tehtiin simulointi, joka optimoi kuljetusten jakautumista olemassa olevalla kuljetusverkolla. Optimoinnin tulosten perusteella voidaan todeta seuraavaa:

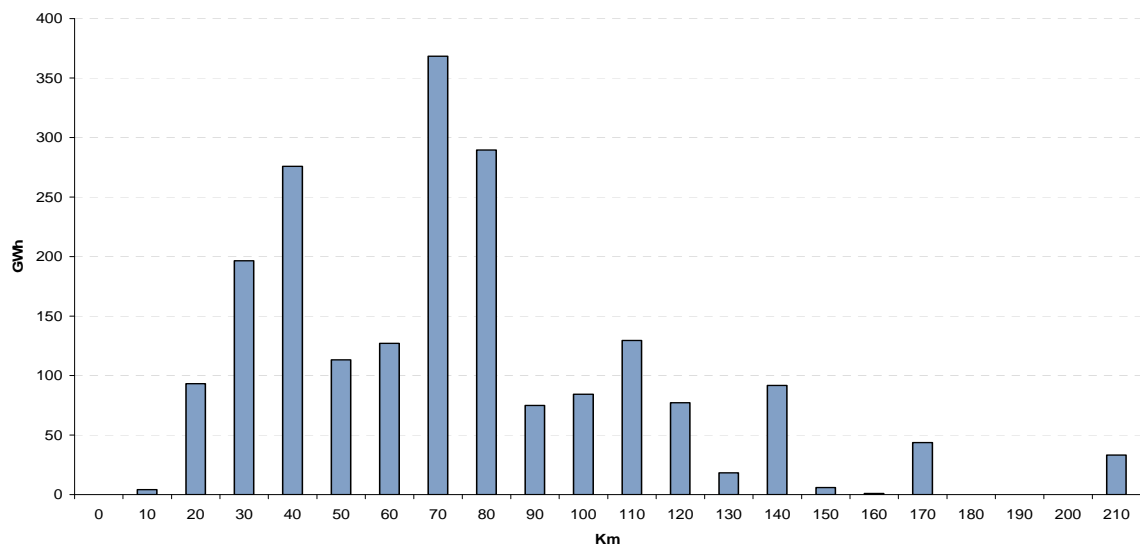
Valtakunnallisella tasolla vuonna 2015 puupolttoaineiden toimituksia arvioidaan syntyvän päästöoikeuden hinnalla 20 €/CO₂-tonni yhteensä 31 830 GWh. Näistä toimituksista autokuljetusten osuus olisi 92 % (29 260 GWh) ja rautatiekuljetusten 8 % (2566 GWh = n. 3,2 milj. i-m3 tai 0,8 milj. tonnia). Toimituksia uudella bioaluksella ei syntyisi.

Päästöoikeuden hinnan nousu tasolle 30 €/CO₂-tonni lisää puupolttoaineiden kokonaissyntää ja vastaavasti vähentää vaihtoehtoisten raaka-aineiden kuten kivihiilen ja turpeen käyttöä. Energiapuuta kannattaisi hankkia yhä kauempaa, jolloin lisäkysyntä kohdistuisi erityisesti rautatiekuljetuksiin. Rautatiekuljetusten määräksi saatiin 3,6 TWh (n. 4,5 milj. i-m3 tai 1,2 milj. tonnia). Näistä toimituksista 2,2 TWh on sellaisia, joissa autokuljetusten käyttö ei olisi enää kannattavaa kuljetuskustannuksen vuoksi. Suuret laitokset Kaakois-Suomessa hankkivat puupolttoaineita kauempaa Itä-Suomen maakunnista ja Kemian alueen voimalaitokset pystyvät hyödyntämään pohjoisen rataverkkoa ja kasvattamaan tällä tavoin puupolttoainetoimituksiaan.

Optimoinnissa käytettiin esimerkkinä Jyväskylän Keljonlahden voimalaitosta. Optimointien mukaan puupolttoaineiden toimituksia Jyväskylän Keljonlahden voimalaitokselle vuonna 2015 tulisi päästöoikeuden hinnalla 20 € ja 30 €/CO₂-tonni yhteensä 2 030 GWh, toisin sanoen voimalaitos saisi kaiken tarvitseman puuraaka-aineen. Toimituksista 97 % (1 970 GWh) olisi kuorma-autokuljetuksia ja 3 % (60 GWh) junakuljetuksia. Toimitukset autoilla lähtisivät suurimmaksi osaksi Keski-Suomen pohjoisosan leimikoista. Autokuljetuksista valtaosa olisi pituudeltaan alle 150 km:n mittaisia. Optimoinnin tulosten mukainen kuljetusten alueellinen jakautuminen ja etäisyysjakauma on esitetty kuvissa 4 ja 5.



Kuva 4. Kuljetusten alueellinen jakautuminen, esimerkkinä Keljonlahden voimalaitos Jyväskylässä



Kuva 5. Kuljetusten etäisyysjakauma

Rautatiekuljetusten käyttö Keljonlahden toimituksissa on autokuljetusta edullisempaa ainoastaan Haapamäen ja Haapajärven terminaalista. Optimoinnin yhteydessä arvioitiin, että toimitusmäärät em. terminaalista olisivat noin 60 GWh. Näiden lisäksi rautatiekuljetusten käyttö olisi tuottajan kannalta taloudellisesti kannattavaa (katteeltaan positiivisia) useista muistakin terminaalista, mutta on autokuljetusta kalliimpaa. Nämä ovat potentiaalisia junakuljetuksia ja voivat realisoitua, jos autokuljetuksen rahtihinnat nousevat junakuljetusten hintoja nopeammin. Optimoinnin tulosten perusteella aluskuljetuksia ei synny.

4.3 Herkkyystarkastelut ja epävarmuudet

Laadituissa herkkyystarkasteluissa tarkasteltiin eri kuljetustenmuotojen keskinäisten kustannusmuutosten vaikutuksia kuljetusmuotojakaumiin sekä terminaalihaketukseen perustuvaa vaihtoehtoista hakekuljetusketjua.

Rautatiekuljetusten kustannukset

Rautatiekuljetusten rahtihintatasoa arvioitiin raakapuukuljetusten rahtihintatietojen ohella laskennallisesti Ruotsin Banverketin tavaraliikenteen laskentamallia käyttäen. Mallin perusteella lasketut kuljetuskustannukset ovat jopa 30 % raakapuun kuljetusten rahtihintatietojen perusteella määritettyä tasoa korkeammat. Työryhmän arvion mukaan optimoinnissa käytetty kustannus edustaa kokonaisin junin tapahtuvaa, volyymiltaan suurta kuljetusmäärää. Banverketin mallilla arvioiden kustannusten voidaan katsoa edustavan volyymiltaan pienemmän ja useasta terminaalista kerättävien kuljetusten kustannuksia. Rautatieoperaattoreilla on kiinnostusta kuljetuksiin, jos niiden volyymi on riittävä. Kuljetukset voivat tapahtua konttikuljetuksina, jolloin kuljetusyksiköitä on saatavissa varsin nopeasti.

Uuden bioaluksen kustannukset

Uuden bioaluksen kustannuksista aluksen pääomakustannukset muodostavat noin 40 %. Tämä on suurin este aluksen käytön liiketaloudelliselle kannattavuudelle. Ilman huomattavia pääomakustannuksia uuden bioaluksen kilpailukyky olisi parempi kuin junakuljetuksen, jolloin kuljetuksia todennäköisesti ohjautuisi aluskuljetuksiin. Aluksen pääomakustannusten kompensoiminen edellyttäisi ainakin alkuvaiheessa toiminnan huomattavaa taloudellista tukemista julkisista varoista. Tällainen tuki voidaan tulkita kilpailun vääristäväksi, ja siten EU-säädösten vastaiseksi, ellei alustukea voida osoittaa säädösten sallimaksi tueksi. Tuki heikentäisi alusliikenteen edellyttämien investointien yhteiskuntataloudellista kannattavuutta.

Proomukuljetukset

Metsähakkeen kuljetuksia optimoitaessa ja kuljetuksia mallinnettaessa ei tarkasteltu proomukuljetuksia, vaan vesitiekuljetusten arvioinnissa huomioitiin ainoastaan uusi bioalus. Uuden alustyyppin lisäksi vesitiekuljetuksissa voitaisiin kuitenkin mahdollisesti hyödyntää myös proomuja

Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Metsäteho ja Metla laativat vuonna 2008 selvityksen ”Metsäpolttoaineiden vesitiekuljetus proomukalustolla”. Tämän selvityksen mukaan edullisimmaksi vaihtoehdoksi vesitiekuljetuksen osalta osoittautui pienen aluksen ja suuren proomun muodostama kytkye. Lastausmenetelmissä edullisimmaksi osoittautui hihnakuljetinjärjestelmä, joka olisi riippumaton satamatoiminnoista. Tällaisen ketjun käyttöön otolla päästäisiin parhaimmillaan kilpailukykyisempään logistiikkaan verrattuna hakerekakuljetusketjuun kuljetusetäisyyden ollessa yli 100 km maanteitse.

Selvityksessä talviliikennöinnille ei löydetty edellytyksiä tutkimuksessa mukana olleella kalustoilla, sillä jäänmurto hidastaa kulkua ja nostaa suuren aluksen kustannuksia. Lasti-

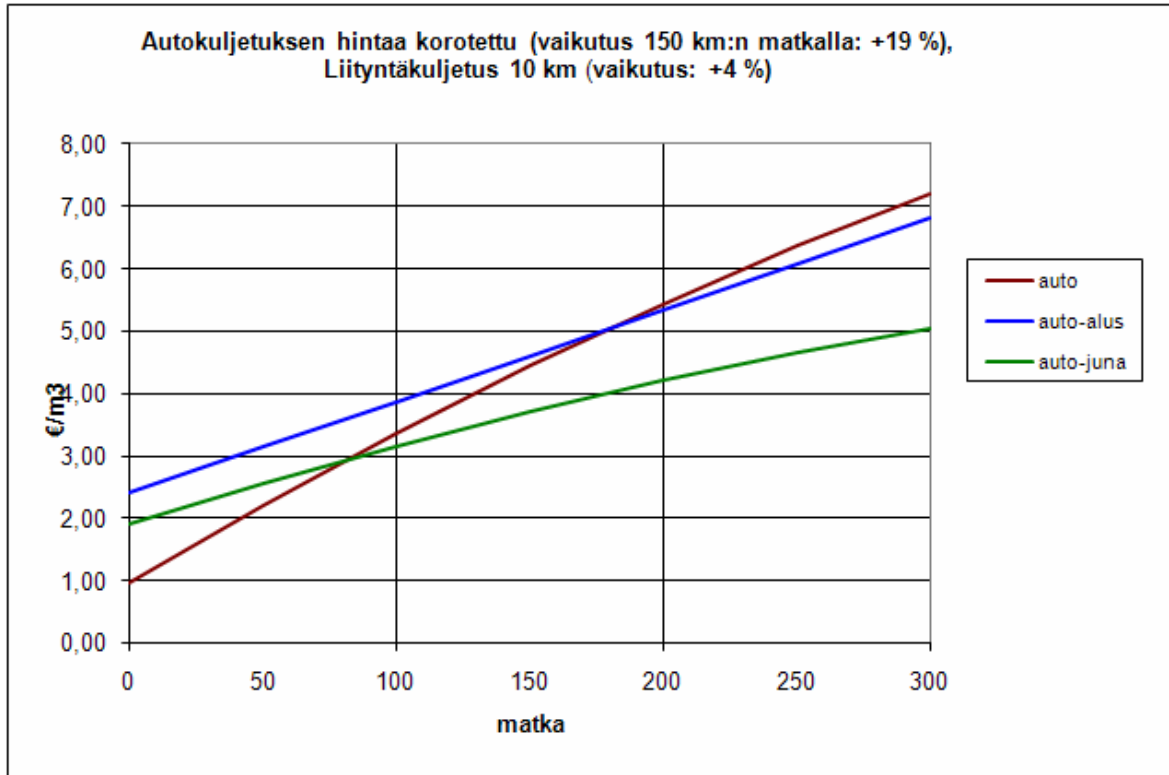
kapasiteetin kasvattamisella ja kalusto- ja väylävalinnoilla voidaan kuitenkin kehittää ympärivuotista talviajan kuljetusta kustannustehokkaampaan suuntaan. Metsähakkeen hintatason kohoaminen voisi myös käynnistää talviajan kuljetuksia. Terminaaliratkaisuilla on mahdollista varautua talviajan suurempaan metsähakkeen käyttöön.

Kustannustekijöiden muutokset

Kuljetusmuotojen välinen kilpailukyky voi tulevaisuudessa muuttua. Merkittävimpiä mahdollisia muutostekijöitä ovat polttoaineen verollinen hinta, päästökaupan tulo kuljetukseen, uudet tienkäyttömaksut sekä kuljettajaresurssit. Polttoaineen hinta on merkittävä kaikkiin kolmeen kuljetusmuotoon vaikuttava kustannustekijä. Rautatiekuljetuksessa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää myös sähköenergiaa, jos lastauspaikalta vaunut voidaan hakea sähköveturilla.

Tiekuljetuksessa dieselpolttoaineen osuus kokonaiskustannuksista on noin 25 %. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi 50 %:n nousu polttoaineen hinnassa nostaisi tiekuljetuksen kustannuksia noin 12,5 % ja 100 %:n nousu noin 25 %. Päästökaupan tulo tiekuljetukseen nostaisi tiekuljetuksen kustannusta korkeintaan muutamia prosentteja. Esimerkiksi 20 €/tonni (CO₂) suuruisen päästöoikeuden hinta nostaisi kustannusta keskimäärin 2,1 %. Polttoaineena käytettävän kaasuoiljyn osuus uuden bioaluksen kustannuksista on noin 10 %. Polttoaineen painoarvo on siten selvästi pienempi kuin autokuljetuksessa. Toisaalta LNG:n maailmanmarkkinahinnan vaihtelut ovat olleet viime vuosina erittäin suuret (esimerkiksi kesällä 2008 hinta oli yli 700 €/tonni, kun laskelmissa käytetty pitkänaikavälin keskiarvo on 450 €/tonni). Käytettävissä olevat autokalusto- ja kuljettajaresurssit vaikuttavat osaltaan markkinahintoihin. Puupolttoaineiden kysynnän nopea kasvu voi synnyttää pulaa erityisesti autokuljetusten resursseista ja nostaa siten kuljetusmuodon rah-tihintatasoa.

Esimerkki autokuljetuksen kustannusnousun vaikutuksesta: Kuvassa 6 tarkastellaan kuljetusmuotojen kilpailukyvyn muutosta tilanteessa, jossa autokuljetuksen hinta kasvaa muiden kuljetustapojen hintojen pysyessä ennallaan. Autokuljetuksen hinnan nousu on sitä suurempi, mitä pidempi on kuljetusmatka. Kustannukset kasvavat alus- ja junakuljetuksen edellyttämällä 10 kilometrin alkukuljetusmatkalla vain 4 %, mutta suoran autokuljetuksen 150 km:n matkalla jo 19 %. Tällainen autokuljetuksen kustannusnousu parantaa sekä juna että aluskuljetuksen kilpailukykyä suoraan autokuljetukseen nähden. Junakuljetus olisi laskennallisesti kannattava jo alle 100 kilometrin etäisyyksillä. Sen sijaan aluskuljetuksen käyttö tulisi tässäkin tapauksessa kannattavaksi vasta yli 180 km:n etäisyyksillä, joita ei ole löydettävissä Päijänteen ja Keiteleen vesistöalueella.



Kuva 6. Esimerkki autokuljetuksen hinnan muutoksen vaikutuksesta kuljetusmuotojen kilpailukykyyn.

Haketuspaikan ja välivarastoinnin merkitys

Laadituissa optimoinneissa puuraaka-aine on oletettu haketettavan toimituksen alkupäässä eli leimikon välittömässä läheisyydessä tienvarressa. Tienvarsihaketuksella saadaan hakkeen vatimaa tilavuutta ja kuljetuskustannuksia pienennettyä. Tienvarsihaketus on tällä hetkellä yleisimmin käytetty toimintatapa puupolttoaineen hankinnassa. Tulevaisuudessa välivarastointi eli terminaalitoiminta tulee todennäköisesti yleistymään ja osa nykyisestä tienvarsihaketuksella siirtymään terminaalisiin haketettavaksi. Välivarastointiin käytettävä terminaali voi palvella joko yhtä tai useampaa kuljetusmuotoa. Haketus voidaan toteuttaa myös toimitusketjun loppupäässä voimalaitoksella. Haketus vastaanottoaikassa vaatii huomattavaa tilantarvetta, joihin ei ainakaan suurilla voimalaitoksilla ole mahdollisuuksia. Haketus toimituksen loppupäässä nostaa myös merkittävästi kuljetuskustannuksia raaka-aineen pienen tilavuuspainon vuoksi. Voimalaitosten tuotannon kannalta tärkeää on tasainen ja jatkuva raaka-ainevirta. Parhaiten tämä on pitkällä tähtäimellä toteutettavissa välivarastoista. Tienvarsihaketuksen on kuitenkin arvioitu säilyttävän asemansa yleisimpänä haketusmuotona pitkälle 2010-luvulle.

Eri kuljetusmuotojen välinen kilpailukyky voi muuttua merkittävästi, jos haketus tapahtuu jatkossa enenevässä määrin leimikkojen ja voimalaitosten välillä sijaitsevilla terminaalilla. Maantiekuljetuksissa tämä merkitsee yhtä lisälastausta, mutta rautatie- ja aluskuljetusketjussa hakkeen lisäkäsittelytarvetta ei synny, kun haketuspaikka toimii myös rautatie- tai aluskuljetustermiinalina. Edullisin jatkokuljetustapa tällaisesta terminaalista riippuu toisaalta kuljetustavan peruskustannuksesta (ks. kuva 1.) ja kuljetusetäisyydestä väyläverkkoa pitkin. Esimerkiksi suunnitelluissa aluskuljetuksissa terminaalit on suunniteltu perustettavaksi uuton nykyisille pudotuspaikoille. Toisaalta radan tai vesitien varrella sijaitsevat terminaalipaikat ovat optimaalisia haketuspaikkoja lähinnä vain lähellä terminaalia sijaitsevista leimikoista hankittavalle puulle tai kun terminaali sijaitsee

leimikon ja laitoksen välisessä pääkuljetussuunnassa, joten nämä edellytykset eivät useinkaan täyty. Joka tapauksessa haketuksen ja terminaalitoiminnan yhdistäminen parantaa muiden kuljetustapojen kilpailukykyä.

Pitkällä aikavälillä tehtyyn kuljetustarkasteluun liittyy myös seuraavia epävarmuustekijöitä:

Uusiutuvalle energialle asetetut käyttötavoitteet ja puupolttoaineen käytölle asetetut tavoitteet tulevat jatkossa lisäämään metsähakkeen kysyntää merkittävästi. Uudet, metsähaketta käyttävät voimalaitokset ja nestemäisiä biopolttoaineita tuottavat laitokset kilpailevat raaka-aineesta olemassa olevien laitosten kanssa, ja muuttavat näiden hankinta-alueita. Mikäli Äänekoskelle kaavailtu biopolttoainelaitos toteutuu, sen ensisijainen metsähakkeen hankinta-alue suuntautuisi samalle hankinta-alueelle Keljonlahden voimalan kanssa, mikä vaikuttaisi Keljonlahden voimalaitoksen metsähakkeen hankintamahdollisuuksiin. Toteutuessaan Äänekosken biopolttoainelaitos käyttäisi vuodessa noin 4,1 Th biomassaa (pääosin puuta) eli selvästi Keljonlahden tarvetta enemmän. Optimoinnin tulosten mukaan merkittävä osa Keljonlahden voimalaitoksen metsähakehankinnoista suuntautuu laitoksen pohjoispuolisille alueille. Uuden biopolttoainelaitoksen ensisijainen metsähakkeen hankinta-alue suuntautuisi tälle samalle alueelle, ja vaikuttaisi siten Keljonlahden voimalaitoksen metsähakkeen hankintamahdollisuuksiin alueella. Toteutessaan Äänekosken biopolttoainelaitos käyttäisi vuodessa noin 4,1 TWh biomassaa (pääosin puuta) eli selvästi Keljonlahden tarvetta enemmän.

Suomen metsäteollisuus elää murroskautta, joka vaikuttaa merkittävästi raakapuun hankintaan ja metsäteollisuuden sivutuotteiden syntymiseen. Energiapuun käyttöä edistävien erilaisten keinojen (tuet, syöttötariffi tms) tai raakapuun kuljetusmatkojen pidentyminen jatkossa nykyisestä voi johtaa tilanteeseen, jossa tietyillä alueilla osa kuitupuusta ohjautuisi jatkossa metsäteollisuuden sijaan energian tuotantoon. Myös hakkuumäärät voivat pienentyä jatkossa, jolloin hakkuiden yhteydessä syntyvän metsähakkeen määrä vähenee. Tällaisessa tilanteessa metsähakemarkkinoiden tilanne muuttuisi merkittävästi nykyisestä, ja hakkeen käyttäjien hankinta-alueet voisivat muuttua huomattavasti tässä esitetyn optimoinnin tuloksista. Optimoinnissa ei myöskään kyetä huomioimaan myyjien todellista myyntihalukkuutta, mikä voi vaikuttaa osaltaan todellisiin metsähakkeen hankinta-alueisiin. Päijänteen ja Keiteleen itäosissa saattaa olla alueita, joissa metsähakkeen kysyntä on tällä hetkellä vähäistä, ja siten sen myyntihalukkuus voi olla keskimääräistä suurempi.

Suunniteltu aluskuljetuskonsepti perustuu alueelle perustettaviin metsähaketerminaaleihin. Kuljetusketjun tehokkuus rajoittaa terminaalien sijoittumista, sillä terminaalien tulee sijoittua siten, etteivät ne lisää logistisia kustannuksia (esim. pidennä merkittävästi kokonaiskuljetusmatkaa). Tulevaisuudessa metsähaketerminaaleihin perustuva kuljetusketju todennäköisesti yleistyy, mutta lyhyellä aikavälillä tienvarsihaketus säilynee vallitsevana kuljetusketjuna.

Päästöoikeuden hintakehitys ja hinnoittelun mahdollinen ulottaminen nykyistä laajemmalle vaikuttaa osaltaan sekä metsähakkeen kysyntään että käytettävän kuljetusmuodon valintaan. Jos päästöoikeuden hinta nousisi, se parantaisi metsähaketta hyödyntävien laitosten maksukykyä, ja siten mahdollistaisi pidemmät kuljetusmatkat. Päästöoikeuden hinnoittelun ulottaminen maantieliikenteeseen parantaisi sekä rautatie- että vesiliikenteen kilpailukykyä suhteessa maantiekuljetuksiin.

Liikenteen hinnoittelussa on pidemmällä aikavälillä nähtävissä trendi, jossa hinnoittelu perustuu yhä enemmän liikenteen ja liikkumisen todellisten vaikutusten hinnoitteluun, ja niihin perustuviin maksuihin. Mikäli liikenteen hinnoittelussa tullaan jatkossa siirtymään tähän malliin, muuttaa se osaltaan eri kuljetusmuotojen keskinäistä kilpailukykyä.

Euroopan Unionin poliittiset päätökset voivat jatkossa vaikuttaa merkittävästi kuljetusmuotojen valintaan. Unionin liikennepoliitikassa on tavoitteena saada siirrettyä raskaita kuljetuksia maanteiltä rauta- ja vesiteille. Tähän on pyritty parantamalla näiden kuljetusten toimintaedellytyksiä, mutta ainakaan toistaiseksi maantiekuljetuksia ei ole suoranaisesti lähdetty rajoittamaan.

Raskaalle tieliikenteelle on Länsi-Euroopassa asetettu yhä enemmän rajoituksia, mutta Suomessa näitä rajoituksia on lähinnä kaupunkien keskusta-alueilla. Mikäli jatkossa raskaalle tieliikenteelle asetetaan nykyistä enemmän rajoituksia, heikentävät ne maantiekuljetusten kilpailukykyä muihin kuljetusmuotoihin nähden.

Kuljetuksia koskeva tarkastelu on tehty ainoastaan metsähakkeelle.

Kuljetuskustannusten arviointi perustuu maantiekuljetuksissa todellisiin rahtihintoihin, rautatiekuljetuksissa raakapuukuljetusten kustannustietojen ohjalta arvioituihin kuljetuskustannuksiin ja aluskuljetusten osalta kustannustietojen pohjalta arvioituun kuljetuskustannukseen.

Alkukuljetuksen pituudella on ratkaiseva merkitys kuljetusketjun kokonaiskustannuksille. Rautatiet ovat kilpailukykyisiä yli 150-180 km:n kuljetusmatkoilla auto/junakuljetuksina. Laskennassa käytetyn alus/autokuljetusten kilpailukyky on huono. Proomukuljetukset ovat sulan veden aikana tietyin edellytyksin kilpailukykyisiä yli 100 km:n kuljetusmatkoilla.

Optimoinnin tulosten perusteella metsähakkeen kuljetukset tapahtuvat pääosin maantiekuljetuksina. Korkeammalla päästöoikeuden hintatasolla rautatiekuljetusten merkitys kasvaisi, mutta aluskuljetuksia ei syntyisi. Keljonlahden voimalaitoksen kuljetukset tapahtuvat lähes kokonaan maantiekuljetuksina alle 150 km:n etäisyydeltä

Herkkyystarkasteluissa on tarkasteltu rautatiekuljetusten kustannusten epävarmuustekijöitä, aluksen pääomakustannusten vaikutuksia, kustannustekijöiden muutosten vaikutuksia sekä haketuspaikan ja välivarastoinnin merkitystä sekä pitkän aikavälin epävarmuustekijöitä.

5. Kuljetusten edellyttämät investoinnit ja vaikutukset liikenneväylien ylläpitoon

Toimeksiannon mukaisesti työryhmä arvioi myös eri kuljetusmuotojen vaatimia investointitarpeita ja liikenneväylien käyttökustannuksia.

Vesiväylät

Biopolttoaineiden laajamittaiset aluskuljetukset edellyttävät Keiteleen kanavan ja siihen liittyvien Keiteleen ja Päijänteen alueen väylästä parantamista sekä alueen terminaali-verkoston rakentamista. Hanke sisältää Keiteleen kanavan kahden maantiesillan ja kahden ratasillan sekä Keiteleellä olevan Matilanvirran maantiesillan muutostyöt vastaamaan alusliikenteen edellyttämää 8 metrin alikulkukorkeutta, Keiteleen kanava talviliikenteen edellyttämät parannukset, alueen väylästä ongelmakohteiden parantamisen sekä alkuvaiheessa 10 alueterminaalin perustamisen uitoon entisille pudotuspaikoille.

Hankkeen kustannusarvio on silta- ja vesiväyläjärjestelyiden osalta noin 30 milj. euroa ja alueterminaalien osalta noin 15 milj. euroa, joten aluskuljetusten edellyttämät investoinnit liikenneinfrastruktuuriin ovat yhteensä noin 45 milj. euroa. Keiteleen kanavan vuo-

tuisten käyttö- ja kunnossapitokustannusten sekä järvialueiden väylästön ylläpitokustannusten on arvioitu nousevan noin 0,3 milj. euroa vuodessa.

Kuljetuksiin suunnitellun uuden aluksen rakennuskustannuksiksi on arvioitu noin 22 milj. euroa.

Vaajakosken kohdalla nykyisten siltojen nosto alikulkukorkeuden edellyttämään tasoon edellyttää mittavia liikennejärjestelyjä ja olisi parhaiten toteutettavissa uuden vt4 osuuden (85 M€) valmistuttua. Hanke ei ole nyt investointiohjelmissa, mutta kohteen suunnittelu on käynnistetty.

Rautatiet

Junakuljetusten terminaaliverkoston suunnittelun lähtökohtana voidaan käyttää nykyistä raakapuun kuormauspaikka- ja terminaaliverkostoa ja sitä koskevia kehittämissuunnitelmia. Haketus ja hakkeen välivarastointi vaatii raakapuukuljetuksiin nähden huomattavasti enemmän tilaa, minkä vuoksi hakkeen kuormaus junavaunuihin soveltuu useimmiten huonosti nykyisille kuormauspakoille. Parhaiten hakkeen käsittely ja kuormaus soveltuu olemassa oleviin suuriin terminaaleihin, joita on yhdeksän kappaletta. Terminaaliverkkoa pyritään Ratahallintokeskuksen toimesta laajentamaan käsittämään 19 terminaalialueita osittain verkoksi. Suunnitellut terminaalikohteet sijaitsevat pääosin alueilla, joilla on tämän selvityksen mukaan myös suurimmat hakkeen junakuljetusten potentiaalit. Kehitettävissä uusissa terminaaleissa voidaan ottaa parhaiten huomioon myös hakkeen käsittelyn edellyttämät tarpeet. Tyypillinen raakapuuterminaalien investointikustannus on 2 – 4 M€ sisältäen tarvittavan ratainfrastruktuurin lisäksi mm. varastointialueet sekä sisäiset ja ulkoiset tiejärjestelyt. Maanlaajuisesti laajamittaiset metsähakekuljetukset edellyttäisivät 5 – 10 terminaalialueita, jolloin kustannukset olisivat keskimäärin 20 milj. euroa. Kun haketus toiminta sijaitsi raakapuuterminaalien yhteydessä, kohdistuisi em. kustannuksista arviolta 50 % hakekuljetusten mahdollistamiseen.

Radan kulumisen rajakustannus on Ratahallintokeskuksen (nyk. Liikennevirasto) selvityksen mukaan 0,09–0,4 senttiä/bruttotonnikilometri (vuoden 2005 hinnoissa). Puupolttoaineiden kuljetuksessa rajakustannus on noin 0,3 senttiä hake-tonnikilometriä kohti. Ennustettu rautatiekuljetusten kasvu on päästöoikeuden hinnasta riippuen 100-200 milj. tonnikilometriä koko maan tasolla. Rautatiekuljetusten käyttö lisää siten radan kulumisen kustannuksia valtakunnallisesti 0,3-0,6 M€ vuodessa.

Tieverkko

Tieverkostolle ei aiheudu suoria uusia investointitarpeita, mutta hakekuljetukset lisäävät osaltaan raskasta liikennettä ja siten myös raakapuukuljetusten edellyttämiä alemman tieverkoston kunnostus- ja ylläpitotarpeita. Alempaa tieverkostoa hyödynnetään kaikissa hakekuljetusmuodoissa alkukuljetuksissa, joten näitä kustannuksia ei voida kohdistaa yksinomaan maatiekuljetuksiin.

Optimoinnin tulosten mukaisten puupolttoaineiden toimitusten toteutuminen valtakunnallisella tasolla merkitsee tiekuljetussuoritteiden lisääntymistä noin 0,5-0,6 mrd tonnikilometrillä. Tästä rautatiekuljetusten liityntäkuljetuksia on noin 4-6 %. Tämä merkitsee koko tiekuljetussuoritteen kasvua noin 2 %:lla. Tiehallinnon (nyk. Liikennevirasto) selvityksen mukaan tiestön laskennallinen tiestön kulumisen kustannuksista perävaunullisten kuorma-autojen aiheuttamaksi arvioitiin noin 20 %. Tiehallinnon talous- ja toimintasuunnitelman 2009–2013 mukaan korvaus- ja ylläpitoinvestointien määrä TTS-kaudella on keskimäärin noin 230 M€ vuodessa. Raskaan liikenteen aiheuttamaksi osaksi voidaan arvioida em. selvityksen perusteella arvioida noin 20 % eli noin 45 M€. Ennustettu tiekuljetusten lisääntyminen lisää tien kulumisen kustannuksia tällöin valtakunnallisella tasolla noin 1 M€ vuodessa.

Vesiväylästäöllä investointitarve on Keiteleen kanavan osalta noin 30 milj. euroa. Vesiväylästäön vuosittaiset ylläpitokustannukset lisääntyvät noin 0,3 milj. euroa. Lisäksi kuljetukset edellyttävät terminaaliverkon (noin 15 milj. euroa) ja uuden aluksen (noin 22 milj. euroa) rakentamista.

Rautatiekuljetukset edellyttävät valtakunnallisesti noin 5 -10 terminaalien rakentamista (noin 20 milj. euroa). Radan kulumisen kustannukset lisääntyvät valtakunnallisella tasolla 0,3 – 0,4 milj. euroa.

Tieverkostolla ei ole suoranaista investointitarvetta, mutta alemman tieverkon kunnossus- ja ylläpitotarpeet lisääntyvät. Valtakunnallisesti tiestön kulumisen kustannukset lisääntyvät noin 1 milj. euroa vuodessa.

6. Päästöt ja onnettomuudet

Laaditussa selvityksessä tarkasteltiin eri kuljetusmuotojen käytön aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä runkokuljetusten osalta. Liikenteen Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmän, LIPASTO:n, yksikköpäästöjen mukaan täysipe rävaunullisen kuorma-auton CO₂-päästö on täydessä lastissa (40 tonnia) 1335 g/km ja tyhjänä 1000 g/km. Kun kuorma-auton lasti hakekuljetuksissa on noin 130 m³, tulee hiilidioksidipäästön suuruudeksi paluumatka huomioon ottaen noin 18 g/i-m³km. Tämän lisäksi päästöjä aiheutuu lastauskaluston käytöstä.

Junakuljetusten osalta CO₂-päästöjen arviointi perustuu diesel- ja sähköveturin veturin vetämään hakejunaan, jonka pituus on 10 vaunua (tilavuus 1500 m³). Veturien ominaiskulutukseen ja LIPASTO:n päästökertoimiin perustuen dieselvetoisen junakuljetuksen päästö on noin 13 g/i-m³km ja sähkövetoisen junakuljetuksen noin 3 g/i-m³km. Päästöjä aiheutuu lisäksi lastauskaluston käytöstä ja junien vaihtotöistä.

Uuden bioaluksen CO₂-päästö arvioitiin aluksen energiankulutukseen ja maakaasuun päästökertoimeen (1 kg polttoainetta synnyttää 2,8 kg:n suuruisen hiilidioksidipäästön). Lastauksen suuren energiankulutuksen vuoksi päästön suuruus on riippuvainen kuljetusmatkan pituudesta. Ympäri vuotisella tasolla päästö on keskimäärin noin 18 g/i-m³km, kun keskikuljetusmatka on 100 km.

Hiilidioksidipäästöjen osalta eri kuljetusmuotojen välillä ei ole ratkaisevia eroja.

Merkittävimmät vaikutukset liikenneonnettomuuksiin on autokuljetuksilla. Junakuljetusten onnettomuudet ovat lähinnä tasoristeysonnettomuuksia. Keskimäärin tasoristeystä kohti tapahtuu yksi onnettomuus kerran sadassa vuodessa. Sisävesikuljetuksissa henkilövahinkoihin johtavia onnettomuuksia ei ole tapahtunut kuin hyvin satunnaisesti. Autokuljetusten aiheuttamien henkilövahinko-onnettomuuksien määrää voidaan arvioida keskimääräisen onnettomuusasteen perusteella, joka on esimerkiksi kapealla maaseudun tiellä noin 0,1 henkilövahinko-onnettomuutta miljoonaa ajoneuvokilometriä kohti. Ennustettu autokuljetusten käyttö merkitsee noin 33 milj. ajon.km ja 3 henkilövahinko-onnettomuutta vuodessa valtakunnallisella tasolla.

Päästöjen osalta eri kuljetusmuotojen välillä ei ole ratkaisevia eroja

Vesiliikenteessä henkilövahinkoja aiheuttavia onnettomuuksia tapahtuu erittäin satunnaisesti. Rautatieliikenteessä voisi tapahtua lisäystä tasoristeysonnettomuuksissa, joita tapahtuu tasoristeystä kohden noin kerran 100 vuodessa. Maantiekuljetuksissa kuljetusten lisäys aiheuttaisi valtakunnallisesti noin kolme henkilövahinko-onnettomuutta vuodessa.

7. Yhteiskuntataloudellinen merkitys

Arviointimenetelmä

Liikenne- ja viestintäministeriön liikenneinvestointien kannattavuuslaskelmia koskevan ohjeen mukaan hankkeen kannattavuus lasketaan hyöty-kustannusanalyysin perustella seuraavasti:

HK-suhde = Investoinnin hyödyt/investoinnin pääomakustannukset.

Hanke on yhteiskuntataloudellisesti kannattava, kun sen HK-suhde on vähintään 1,0. Laskelmassa hyödyt arvioidaan 30 vuoden pituiselta ajanjaksolta hankkeen valmistumisesta. Vuotuiset kustannukset ja hyödyt muutetaan nykyarvoiksi 5 %:n laskentakorolla.

Hankkeen pääomakustannuksiin lasketaan rakennuskustannusten ohella ns. rakennusai-
kaiset korot.

Kannattavuuslaskelmassa tarkasteltavat hyödyt ovat:

- kuljetuskustannussäästöt
- väylänpidon kustannusmuutokset
- päästökustannusten muutos
- onnettomuuskustannusten muutos
- investointien jäännösarvo tarkastelujakson lopussa (25 % uushankintahinnasta)

Nykyinen tienvarsihaketus

Koska uudelle bioalukselle ei synny markkinahintaisia rahtihintoja käyttäen lainkaan kuljetuskysyntää, ei aluksen käytön edellyttämät silta- ja vesiväyläinvestoinnit ole yhteiskuntataloudellisesti kannattavia.

Terminaalihaketus

Seuravavassa arvioidaan bioaluksen käytön kannattavuutta, mikäli Keljonlahden puupolttoaineiden toimitukset (noin 2,5 milj. i-m³) perustuisivat täysimääräisesti terminaalihaketukseen ja aluskuljetusten käyttöön. Tällöin bioaluksen ympärivuotinen kuljetuskapasiteetti olisi kokonaan hyödynnetty. Vertailuvaihtoehdossa kaikki kuljetukset hoidetaan autokuljetuksina samojen terminaalin kautta kuin aluskuljetusvaihtoehdossa.

Aluskuljetusten käytön vaikutukset väylänpidon kustannuksiin ja liikenteen ulkoisiin kustannuksiin ovat seuraavat:

- Tiestön kulumisen kustannukset vähenevät noin 0,1 M€:n vuodessa. Vesiväylien ylläpitokustannukset nousevat noin 0,3 M€ vuodessa, jos Keiteleen kanavaa käytetään myös talvella. Tämä on myös edellytys Keljonlahden puupolttoaineiden saannin turvaamiseksi. Väylänpidon kustannukset kasvavat siten noin 0,2 M€/vuosi.
- Tiekuljetusten vuotuiset CO₂-päästöt vähenevät noin 4500 tonnia (sisältää myös lastauksen), mikä synnyttää noin 0,15 M€:n suuruisen säästön (CO₂:n haitta-arvo on 32 €/tonni). Vastaavasti aluskuljetusten päästöt kasvavat noin 3500 tonnia ja siitä aiheutuvat lisäkustannukset ovat noin 0,1 M€/vuosi. Päästökustannukset vähenevät siten noin 0,05 M€/vuosi.
- Tieliikenteen henkilövahinko-onnettomuudet vähenevät keskimäärin noin 0,2 onnettomuudella vuodessa, mistä aiheutuvat säästöt ovat noin 0,14 M€/vuosi (henkilövahinko-onnettomuuden kustannus on 0,471 M€).

Aluskuljetusten käyttöön siirryttäessä väylänpidon ja liikenteen ulkoisten kustannusten summa ei käytännössä muutu lainkaan.

Jotta kannattavuutta osoittava HK-suhde olisi vähintään 1,0, on alusten käytöllä saavutettavien kuljetuskustannussäästöjen nykyarvon oltava vähintään noin 25 M€ Tämä edellyttää noin 1,6 M€:n suuruista vuotuista kuljetuskustannussäästöä. Tällöin aluskuljetuksen on oltava noin 0,6 €/i-m³ edullisempi kuin autokuljetuksen kaikissa Keljonlahden puupolttoaineiden toimituksissa. Kuljetusmuotojen kustannusvertailun mukaan tämän kustannuseron saavuttaminen ei ole mahdollista.

Puupolttoaineiden kuljetusten ohella yhteiskuntataloudellisia kustannussäästöjä voidaan uudella bioaluksella saavuttaa myös turpeen kuljetuksissa. Turpeen tuotantoalueet ovat pääosin läntisessä Keski- Suomessa ja Suomenselän alueella, jonne vesiväylät eivät ulotu. Käytännössä bioaluksen kilpailukyky näissä kuljetuksissa on huono, koska autoilla turve voidaan kuljettaa suoraan perille ilman välikäsitelyä, kun aluskuljetus vaatii aina kustannuksia nostavan alkukuljetuksen.

Työllisyysvaikutukset

Työllisyysvaikutuksia on arvioitu alustavasti kahdella tasolla: tilapäisten ja pysyvien työpaikkojen syntymisenä.

Työryhmän arvion mukaan sekä alus- että rautatiekuljetuksissa syntyy jonkin verran tilapäisiä työpaikkoja näihin kuljetuksiin liittyvien terminaalien rakentamisen sekä aluksen rakentamisen yhteydessä. Maantiekuljetuksissa vastaavia tilapäisiä työpaikkoja ei synnyt.

Pysyvien työpaikkojen osalta lisääntyvät kuljetusmäärät synnyttävät maantiekuljetuksiin uusia pysyviä työpaikkoja. Alus- ja rautatiekuljetuksissa itse kuljetusketjun työllistävä vaikutus on vähäisempi, mutta terminaalitoimintoihin syntyisi uusia pysyviä työpaikkoja. Syntyvien työpaikkojen määrään työryhmä ei kykene antamaan luotettavaa arviota, mutta aluskuljetuksissa nämä työpaikat syntyisivät lähinnä Keski-Suomen ja Päijät-Hämeen alueelle, ja rautatiekuljetuksissa Itä- ja Pohjois-Suomen alueelle. Kaikkiaan työryhmä näkee, ettei eri kuljetusmuotojen työllistävässä vaikutuksessa todennäköisesti ole merkittäviä eroja, mutta ne jakautuvat alueellisesti eri tavoin.

Nykyisellä tienvarsihaketuksen perustuvalla kuljetusketjulla Keiteleen kanavan parantamisella ei ole yhteiskuntataloudellista kannattavuutta.

Terminaaleihin perustuvassa kuljetusketjussa tie- ja aluskuljetusten välisissä ulkoisissa kustannuksissa ei ole merkittävää eroa. Aluskuljetusten kuljetuskustannusten tulisi olla noin 0,6 €/i-m³ tiekuljetuksia edullisempia, jotta Keiteleen kanavan parantaminen olisi yhteiskuntataloudellisesti kannattava hanke. Tämän kustannuseron saavuttaminen on epätodennäköistä.

Turvekuljetuksissa aluskuljetusten kilpailukyky on huono, koska niihin sisältyy aina alkukuljetus ja aluskuljetusten edellyttämä välikäsitely.

Eri kuljetusmuotojen työllistävässä vaikutuksessa ei todennäköisesti ole merkittäviä eroja, mutta ne jakautuvat alueellisesti eri tavoin.

8. Rautatie- ja aluskuljetusten käyttömahdollisuudet bioenergiakuljetuksissa

Optimointien mukaan metsähakkeen toimituksista vuonna 2015 suurin osa tulee olemaan lyhyitä, alle 100 kilometrin pituisia kuljetuksia. Tällöin autokuljetusten markkinaosuus on muiden kuljetusmuotojen tarjonnan lisäyksestä ja päästöoikeuden kehityksestä riippumatta yli 90 %.

Uuden bioaluksen suurten investointikustannusten vuoksi aluksen kilpailukyky edellyttäisi tehokasta ympärivuotista käyttöä, mikä edellyttäisi 2–3 miljoonan irtokuution (1,6-2,4TWh) vuotuista kuljetusmäärää. Tähän ei Päijänteen ja Keiteleen vesistöalueella ei todennäköisesti voida päästä, sillä optimointien mukaan aluskuljetuksia ei syntyisi lainkaan. Uudella bioaluksella ei siten olisi liiketaloudellisia toimintaedellytyksiä ilman julkista tukea Päijänteen ja Keiteleen vesistöalueella. Vesitiekuljetusten hyödyntäminen metsähakkeen kuljetuksissa ei kuitenkaan ole poissuljettua. Kuljetuksia voidaan hoitaa myös proomukalustolla, jota on käytetty Saimaalla jo pitkään raakapuun kuljetuksissa ja aikaisemmin myös Keiteleen – Päijänteen alueella. Lappeenrannan teknillisen yliopiston laatimassa selvityksessä proomukuljetusten todettiin olevan autokuljetusta edullisempi jo hieman yli 100 kilometrin etäisyyksillä. Proomukuljetusten sisällyttäminen tähän selvitykseen olisi todennäköisesti vaikuttanut ainakin Saimaan vesistöalueella käytettävien kuljetusmuotojen markkinaosuuksiin.

Raakapuun kuljetusten rahtitason perusteella määritettyjen kuljetuskustannusten mukaan junakuljetusten käyttö puupolttoaineiden toimituksissa on kannattavaa yli 150-180 km:n kuljetuksissa juna/autokuljetuksina. Kuljetusmuotojen kustannusmuutokset voivat olla sellaisia, että ne suosivat junakuljetuksia. Tällaisia muutoksia voivat olla mm. päästökaupan ulottuminen kuljetuksiin, tiemaksut ja jossain määrin myös polttoaineen hinnan korotukset.

Päästöoikeuden hinnan nousu lisäisi puupolttoaineiden käyttöä turpeen sijaan ja puupolttoaineiden hankintaa kauempaa. Näissä pidentyvissä toimituksissa autokuljetuksen käytöllä ei saavuteta enää välttämättä katetta. Sen sijaan rautatiekuljetusten käytöllä katetta voidaan saavuttaa vielä hyvinkin pitkissä toimituksissa, joissa leimikko sijaitsee lähellä rautatietietterminaalia. Rahtihintatasoon perustuvan epävarmuuden vuoksi optimointien mukaiset rautatiekuljetusten määrät edustavat maksimitasoa. Todellinen kuljetusmäärä voi jäädä pienemmäksi myös sopivien kuormaustermiinalien vähäisyyden vuoksi. Optimointitulosten perusteella hakkeen terminaali-toiminnan kehittämiskohteet ovat suureksi osaksi samoja kuin Ratahallintokeskuksen esittämät raakapuun terminaali-toiminnan kehittämiskohteet. Hakkeen kuljetuksissa painopiste on kuitenkin enemmän Itä-Suomessa kuin raakapuun kuljetuksissa. Saimaan vesistöalueella proomukuljetukset tosin kilpailevat osittain samoista toimituksista.

Laskelmien mukaan Jyväskylän uuden Keljonlahden voimalaitoksen puupolttoaineen tarpeesta voidaan päästöoikeuden hinnalla 20 tai 30 €/CO₂-tonni tyydyttää 100 %. Keljonlahden voimalaitoksen puupolttoaineen kuljetuksissa autokuljetusten markkinaosuus on päästöoikeuden hinnasta riippumatta noin 97 %. Muut toimitukset ovat rautatiekuljetuksia. Autotoimituksia tulee koko maakunnan alueelta ja osittain sen ulkopuolelta, painopiste on kuitenkin maakunnan pohjoisosien toimituksissa.

Pääosan metsähakekuljetuksista tulee tapahtumaan maantiekuljetuksina

Rautatiekuljetuksien potentiaali on pitkissä kuljetuksissa, joita voi syntyä hakkeen käytösmäärien kasvaessa.

Aluskuljetuksien kilpailukyky ja siten sen käyttömahdollisuus uudella alustyyppillä on heikko. Proomukalustolla tapahtuvilla kuljetuksilla voi sen sijaan olla potentiaalia pidemmällä kuljetusmatkoilla.

9. Työryhmän johtopäätökset

Uusiutuvan energian käyttötavoitteet ja puupolttoaineen käytölle asetetut tavoitteet tulevat jatkossa lisäämään biopolttoaineiden kysyntää merkittävästi.

Suomen metsäteollisuuden murros vaikuttaa merkittävästi raakapuun hankintaan, hankintamääriin ja metsäteollisuuden sivutuotteiden syntymiseen. Tietyillä alueilla bioenergian ja raakapuun hankinta voivat olla keskinäisessä kilpailutilanteessa osan kuitupuusta ohjautuessa energiantuotantoon. Hakkuumäärän mahdollinen pienentyminen muuttaisi metsähakemarkkinoiden tilannetta merkittävästi nykyisestä, ja metsähaketta käyttävien polttolaitosten hankinta-alueet voisivat muuttua huomattavasti.

Jos päästöoikeuden hinnat nousisivat, tämä parantaisi metsähaketta hyödyntävien laitosten maksukykyä, ja siten mahdollistavat pidemmät kuljetusmatkat. Päästöoikeuden hinnoittelun ulottaminen maantieliikenteeseen parantaisi sekä rautatie- että vesiliikenteen kilpailukykyä suhteessa maantiekuljetuksiin.

Liikenteen hinnoittelussa on pidemmällä aikavälillä nähtävissä trendi, jossa liikenteen hinnoittelu perustuu yhä enemmän liikenteen ja liikkumisen todellisten vaikutusten hinnoitteluun, ja niihin perustuviin maksuihin. Mikäli liikenteen hinnoittelussa tullaan jatkossa siirtymään tähän malliin, muuttaa se osaltaan eri kuljetusmuotojen keskinäistä kilpailukykyä.

Euroopan unionin poliittiset päätökset voivat jatkossa vaikuttaa merkittävästi kuljetusmuotojen valintaan. Unionin liikennepoliitikassa on tavoitteena saada siirrettyä raskaita kuljetuksia maanteilta rauta- ja vesiteille. Tähän on pyritty parantamalla näiden kuljetusten toimintaedellytyksiä, mutta ainakaan toistaiseksi maantiekuljetuksia ei ole suoranaisesti lähdetty rajoittamaan.

Raskaalle tieliikenteelle on Länsi-Euroopassa asetettu yhä enemmän rajoituksia, mutta Suomessa näitä rajoituksia on lähinnä kaupunkien keskusta-alueilla. Mikäli jatkossa raskaalle tieliikenteelle asetetaan nykyistä enemmän rajoituksia, heikentävät ne maantiekuljetusten kilpailukykyä muihin kuljetusmuotoihin nähden.

Terminaaleihin perustuvassa kuljetusjärjestelmässä, johon mm. suunniteltu aluskuljetus perustuu, terminaalien sijoittuminen on avainasemassa käytettävän jatkokuljetusmuodon valinnassa. Tulevaisuudessa metsähaketerminaaleihin perustuva kuljetusketju todennäköisesti yleistyy, mutta lyhyellä aikavälillä tienvarsihaketus säilynee vallitsevana kuljetusketjuna.

Pitkän aikavälin muutosten vaikutuksia bioenergian kuljetuksiin ei tässä vaiheessa pystytä tarkoin määrittelemään. Työryhmä onkin tehnyt johtopäätöksensä vuoteen 2015 ulottuvalle aikavälille. Työryhmä korostaa, että toimintaympäristön muuttuessa tilanne on arvioitava uudestaan.

Työryhmän **arvion mukaan** lyhyellä aikavälillä **2010-2015**:

- Pääosa metsähakkeen kuljetusketjuista perustuu tienvarsihaketukseen ja maanteitse tapahtuvaan hakkeen kuljetukseen käyttökohteelle.
- Maanlaajuisesti hakkeen rautatiekuljetuksille on olemassa merkittävää potentiaalia, mutta sen toteutuminen edellyttää investointeja terminaaleihin sekä kuljetusvälineisiin, lähinnä hakekuljetuksiin soveltuviin kontteihin. Myös rataverkon suunnitellut investoinnit tulisi toteuttaa.

- Proomukuljetusjärjestelmään perustuvalla hakkeen kuljetusketjulla on nykytilanteessa suunniteltuja bioaluskuljetuksia parempi kilpailukyky.
- Taloudellisia edellytyksiä suunnitellulle uudentyyppiselle biopolttoaineita kuljettavalle alukselle ei ole Keiteleen ja Päijänteen alueella, koska alusliikenteelle ei synny riittävää kysyntää lyhyehköjen kuljetusmatkojen ja hankinta-alueen suuntautumisen vuoksi. Siten suunnitellulle Keiteleen kanavan parantamiselle ei tällä hetkellä ole osoitettavissa yhteiskuntataloudellista kannattavuutta.
- Uudentyyppisen aluksen liiketaloudellisesti kannattava käyttö kuljetukseen edellyttää alusinvestointiin kohdistettavaa tukea sekä terminaaliverkoston rakentamista ja Keiteleen kanavan parantamista.
- Jos Keiteleen kanavan kehittäminen ja siihen liittyvät tiestöön ja rataverkkoon kohdistuvat toimenpiteet katsotaan mm. ylläkuvattujen muutostekijöiden valossa välttämättömäksi, rahoitusta ei työryhmän arvioiden mukaan ole saatavissa muutoin kuin valtion talousarvion kautta. Kustannukset Keiteleen liikenneverkon kehittämisen osalta ovat 30 milj. euroa ja terminaalien kehittämisen osalta 15 milj. euroa. Vaajakosken kohdalla siltajärjestelyt olisi tarkoituksenmukaista toteuttaa vt 4 Vaajakoski-projektin yhteydessä, jonka kustannusarvio on 85 milj. euroa. Aikaisin mahdollinen aikataulu vt 4 projektille on 2013-2014. Hankkeet eivät sisälly liikennepoliittiseen selontekoon.

Lähdeluettelo

Antti Asikainen, professori, Metla, Joensuu: Kannattavan metsäenergiayrittämisen teknologiavalinnat ja asiakkuuksien hallinta (esitelmä 2009)

Keski-Suomen liitto/Keski-Suomen TE-keskus: Bioenergiasta elinvoimaa klusteriohjelma 2007 – 2015 (2007)

Lappeenrannan teknillinen yliopisto: Metsäpolttoaineiden vesitiekuljetus proomukalustolla (2008)

Ramboll Finland Oy: Puupolttoaineiden kuljetusten optimointi (2009)

Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategiasta 2008

Liite 1: Työryhmän asettamiskirje

Liikenne- ja viestintäministeriö

ASETTAMISPÄÄTÖS

LVM032:00/2009

27.3.2009

Keiteleen kanavan kehittäminen

Asettaminen

Liikenne- ja viestintäministeriö on tänään asettanut työryhmän, joka selvittää Keiteleen kanavan parantamiseen liittyvien toimenpiteiden yhteiskuntataloudellisen merkityksen ja erityisesti raide- ja vesikuljetusten keskinäisen kustannustehokkuuden sekä rahoituksen vaihtoehdot ja esittää suunnitelman hankekokonaisuuden toteuttamisesta.

Toimikausi

27.3.2009 -17.6.2009

Työn tausta ja tavoitteet

Keiteleen kanavan ja siihen liittyvien Keiteleen ja Päijänteen alueen väylästön parantamisen sekä alueen terminaaliverkoston rakentamisen tarkoituksena on mahdollistaa biopolttoaineiden nykyistä huomattavasti laajamittaisempi käyttö Keski-Suomen alueella.

Keiteleen kanava valmistui vuonna 1993 lähinnä uiton käyttöön, mutta metsäteollisuuden uudelleenjärjestelyiden myötä uitto alueella on loppunut. Alkuperäisenä suunnittelutavoitteena oli 8 metrin alikulkukorkeus koko kanavareitillä, mutta tuolloin ei ollut nähtävissä tarvetta ko. alikulkukorkeudelle. Tämän vuoksi tavoitteesta luovuttiin kanavan rakennusaikana, ja päädyttiin nostamaan alikulkukorkeus tavoitetasolle siltojen uusimisien myötä pidemmällä aikavälillä. Osa silloista on alle 8 metrin alikulkukorkeuden.

Bioenergian käytön lisäämistavoitteiden ja Jyväskylän Energian Keljonlahden uuden biovoimalan rakentamisen myötä Keiteleen kanavan hyödyntäminen biopolttoaineiden aluskuljetuksissa on noussut ajankohtaiseksi. Jyväskylän Energia on suunnitellut kuljettavansa aluskuljetuksina alkuvaiheessa noin 2,5 – 3 milj. m³/v haketta ja turvetta Keiteleen ja Päijänteen alueelta Keljonlahden voimalaitokselle.

Aluskuljetuksia varten on suunniteltu uusi alustyyppi, joka kykenee kulkemaan itsenäisesti ympärivuotisesti, joten erillistä jäänmurtokalustoa alueelle ei tarvita. Aluksen lastinottokyky on noin 7 000 m³, ja sen lastaus- ja purku tapahtuu pneumaattisesti, joten terminaalialueilla ei tarvita erillistä lastaus- tai purkukalustoa.

Hankekokonaisuudet ovat tiiviisti sidoksissa toisiinsa ja vaativat toimiakseen koko kokonaisuuden toteuttamista. Toteuttaminen vaatii usean eri hallinnonalan sekä yksityissektorin yhteistyötä.

Tehtävä

Työryhmän tehtävänä on selvittää Keiteleen kanavan yhteiskuntataloudellinen merkitys ja erityisesti raide- ja vesikuljetusten keskinäinen kustannustehokkuus sekä kartoittaa rahoitusvaihtoehdot. Työryhmän tulee tehdä ehdotus hankekokonaisuuden toteuttamisesta aikatauluineen.

Organisointi

Puheenjohtaja Mikael Nyberg, hallitusneuvos, liikenne- ja viestintäministeriö

Jäsenet:

Jukka Saarinen, ylitarkastaja, työ- ja elinkeinoministeriö
 Kaisa Pirkola, ylitarkastaja, metsäneuvos, maa- ja metsätalousministeriö
 Anita Mikkonen, maakuntajohtaja, Keski-Suomen liitto
 Keijo Kostiainen, väylänpidon johtaja, Merenkululaitos
 Olli Holm, diplomi-insinööri, Merenkululaitos
 Timo Välke, apulaisjohtaja, Ratahallintokeskus
 Kosonen Seppo, tiejohtaja, Keski-Suomen tiepiiri
 Kuusisto Jaana, taloushallintopalvelujen päällikkö, liikenne- ja viestintäministeriö
 Riitta Viren, neuvotteleva virkamies, liikenne- ja viestintäministeriö

Työryhmän sihteerinä toimii työryhmän jäsen, diplomi-insinööri Olli Holm Merenkululaitoksesta.

Kustannukset ja rahoitus

Työryhmä voi käyttää työssään ulkopuolista asiantuntijaa.

Liikenneministeri


 Anu Vehviläinen

Kansliapäällikkö


 Harri Pursiainen

JAKELU

Puheenjohtaja ja jäsenet
 Työ- ja elinkeinoministeriö
 Maa- ja metsätalousministeriö

Liite 2: Työryhmän laatimat selvitykset ja kuullut tahot

Työryhmä on työnsä aikana laatinut esiselvityksen biopolttoainepotentiaalista sekä eri kuljetusmuotojen potentiaalista Keski-Suomen alueella. Tämän esiselvityksen pohjalta työryhmä järjesti 4.6.2009 kuulemistilaisuuden, johon osallistuivat seuraavat tahot:

- Energiateollisuus ry/Matti Nuutila
- Jyväskylän Energia/Timo Fredriksson
- Metsäteollisuus ry/Harri Rumpunen
- VTT/Tapio Nyman
- Jyväskylän AMK/Markku Paananen
- Keski-Suomen liitto/Jarmo Koskinen
- Harri Lallukka

Seuraavaan on koottu kuulemistilaisuudessa esille tuotuja näkökantoja työryhmän työhön:

- Metsäteollisuus ja energiantuotanto tulevat jatkossa kilpailemaan kuitupuusta.
- Biopolttoaineiden käyttötavoitteet edellyttävät kaikkien mahdollisten toimenpiteiden käyttämistä, jolloin hankinta-alueet tulevat laajenemaan nykyisestä noin 10 km:stä
- Kuljetustarve ja hankinta-alue on arvioitu esiselvityksessä liian pieneksi. Kuljetustarve on noin 4 – 5 TWh ja alue Heinolasta lähtien koko Etelä-Päijänne.
- Tavoitteet edellyttävät turpeen ja puun polttoa, mutta rekkakuljetusten kannattavuusraja on alle 70 km puussa ja alle 100 km turpeessa. Kaikkea tarvittavaa polttoainetta ei saada tältä alueelta, vaan hankinta-alueen on oltava mahdollisimman laaja (noin 140 km).
- Pitenevät kuljetusmatkat luovat yleensäkin uutta kuljetuspotentiaalia vesikuljetuksille (esim. hiekkakuljetukset)
- Ratakuljetusten osuus on jäänyt vähäiseksi, potentiaalia voisi olla
- Vesi- ja ratakuljetukset ovat aina kahden kuljetusmuodon ketju, joten kannattavuus vaatii riittävää kuljetusmatkaa. Raakapuun osalta tämä on noin 150 km, jonka alueelta kaikki kuljetukset tapahtuvat rekoilla. Esimerkiksi 100 km:n kannattavuusraja biopolttoainekuljetusten aluskuljetusten kannattavuudessa rajaisi potentiaalisen alueen Päijänteen eteläosaan ja Keiteleen pohjoisosaan, jolloin potentiaali jäisi pieneksi. Etelä-Päijänteellä on lisäksi muita hakkeen käyttäjiä.
- Hyvät tie- ja ratayhteydet vievät hakkeen muualle, joten sen hankinnan on tapahduttava syrjäisiltä seuduilta. Myös saaret ovat hankinta-alueina, mutta niiden merkitys ei ole suuri.
- Alkuljetusten sekä lastaus/purkukustannukset ovat ratkaisevassa asemassa kuljetusten kokonaiskustannuksissa.
- Esiselvityksen rekkakuljetusten kustannukset ovat alhaisia verrattuna todellisiin, jotka ovat noin kaksinkertaiset
- Lähtötietojen luotettavuus vaikuttaa kyseenalaiselta, koska esim. potentiaalinen hankinta-alue on nyt arvioitua laajempi ja hankinta-alueet muuttuvat uuden käyttäjän myötä.
- Logistinen toimivuus kuljetuksissa on tärkeintä, aluskuljetukset laajentavat taloudellista hankinta-aluetta.
- Hankearviointissa on myös välilliset vaikutukset ja on arvioitava kuljetuksia todellisen kuljetusmatkan perusteella.
- Voimalaitokset eivät sitoudu mielellään yhteen polttoaineeseen
- Hiili toimii Keljonlahden voimalan varapolttovälineenä.
- Eri aluskuljetusvaihtoehtojen käyttökelpoisuus on selvitettävä, mutta aluskuljetukset edellyttävät aina alukuljetusta, ja jäävähvisteisen aluksen hinta voi olla korkea.
- Metsäteollisuudella ei ole uusia vesikuljetustarpeita alueella, mutta olemassa oleva väylästä on tärkeä uittomahdollisuuden kannalta.

- Uiton toimipaikkojen käyttö aluskuljetuksiin edellyttää niitä koskevien lupapäätösten muutosta
- Uiton toimipaikkojen lupaehtojen muuttaminen on todennäköisesti helppoa, ja potentiaalisia terminaalipaikkoja on kartoituksessa jo löydetty.
- Pneumaattisen lastaus- ja purkujärjestelmän toimivuus arveluttaa
- Terminaalit toimivat voimalaitoksen väli- ja varmuusvarastoina.
- Jyväskylän Energia ostaa palveluja. Laiva on yksityisrahoitteinen, ja sen hinta on noin 20 milj. euroa. Aluksen lastaus/purkujärjestelmää käytetään jo nykyisiin vilja- ja jauhukuljetuksissa, ja sitä on testattu myös hakkeelle.
- Hanke on nähtävä myös biopolttoaineiden kilpailukyvyn parantajana
- Aluskonsepti sisältää useita innovaatioita, joten investointituki on mahdollista

Esiselvityksen ja kuulemistilaisuuden perusteella työryhmä katsoi tarpeelliseksi laatia laajan, kattavan selvityksen biopolttoainekuljetuksista Keski-Suomessa, jossa arvioitiin puuenergian saatavuutta erityisesti Keski-Suomen energia- ja teollisuuslaitoksilla ja eri kuljetusmuotojen käyttöä näissä kuljetuksissa. Autokuljetuksen lisäksi vaihtoehtoisina kuljetusmuotoina tutkittiin suunniteltuun uuteen alustyyppiin perustuvia vesikuljetuksia sekä konttien käyttöön perustuva rautatiekuljetusjärjestelmä. Osana alus- ja rautatiekuljetusjärjestelmää ovat terminaalit, joissa puupolttoaineet haketetaan ja lastataan alukseen tai junavaunuihin. Tarkasteluvuosi on 2015.

Kilpailutilanteen vuoksi energiapuun tavaravirtoja tarkasteltiin koko valtakunnan tasolla. Tämä tarkoittaa, että energiapuun kysyntäpaikkoina otettiin huomioon kaikki energia-puuta ja turvetta käyttävät kohteet (energiantuotantolaitokset, pellettitehtaat, sellutehtaat jne.). Energiapuun tarjonnassa otettiin huomioon pääte- ja harvennushakkuista saatavat metsähakkeet (hakkuutähde, pienpuu ja kannot) sekä metsäteollisuuden sivutuotteina saatava kuori, puu ja hake, joka ei mene tuotantolaitokseen omaan energiantuotantoon. Turvetta tarkasteltiin selvityksenä ns. vaihtoehtoisena energiamuotona, joka vaikuttaa osaltaan siihen, onko energiapuun käyttö kannattavaa. Selvityksen ovat laatineet Ramboll Finland yhteistyössä Pöyry Energy Consultingin kanssa, ja se on julkaistu tämän mietinnön liitteenä.

Työryhmä järjesti selvityksen pohjalta toisen kuulemistilaisuuden 17.12.2009. Tähän kuulemistilaisuuteen osallistuivat seuraavat tahot:

- Eduskunta/Hannu Hoskonen
- Paperiliitto/Jouko Ahonen
- Jyväskylän Energia Oy/Risto Ryymin
- Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto/Risto Soukka
- Pohjola Corporate Finance/Pekka Suhonen
- Laffcomp Oy/Veikko Hintsanen

Lisäksi kutsutuista Harri Lallukka oli toimittanut työryhmälle oman kommenttimuistionsa.

Seuraavaan on koottu kuulemistilaisuudessa esille tuotuja näkökantoja työryhmän työhön:

- Työryhmän työ ei ole vastannut täysin toimeksiantoa, ja se ei ole yhdenmukainen valtiovallan jo tekemien sitoumusten ja linjausten kanssa
- Työryhmä ei ole tarkastellut eri liikennemuotoja tasapuolisesti, ja tarkastelusta puuttuu riittävän pitkä aikajänne.
- Työryhmä on arvioinut eri kuljetusmuotoja eriarvoisesti, ja aluskuljetusten osalta virheellisesti. Aluskuljetuskonsepti perustuu terminaaleihin, joista jatkokuljetuksen kustannus on ratkaiseva.
- Vesiteiden kehittämistä koskeva laaja selvitys tulisi käynnistää siten, että se olisi käytettävissä uutta hallitusohjelmaa laadittaessa.

- Keljonlahden voimalaitoksen arvioitu polttoainetarve on 3 – 5 TWH, josta puun osuus noin 1,3 TWh (noin 1,6 milj. m³) ja turpeen 2 – 3 TWh (noin 2 - 3 milj. m³). Keljonlahdessa puun osuus polttoaineesta voi olla enimmillään 70 %.
- Keljonlahden voimalaitoksella on valmius vastaanottaa polttoaineita kaikilla kolmella kuljetusmuodolla, ja myös jatkossa tullaan käyttämään eri kuljetusmuotoja.
- Polttoaineen käyttöön vaikuttaa saatavuus, hinta ja tekninen käytettävyyys. Markkinatilanne määrää kulloinkin käytettävät polttoaineet ja toimitusketjut, ja polttoaineen hinnalla voimalaitokselle toimitettuna on ratkaiseva asema.
- Polttoainehankintaa tehdään suoraan tienvarresta sekä yhä enemmän suoraan laitokselle toimitettuna isommilta toimijoilta, jotka näkevät aluskuljetukset kilpailukykyisinä muihin kuljetusketjuihin nähden.
- Lappeenrannan teknillinen yliopisto on selvittänyt mallinnuksella aluskuljetusten mahdollisia kuljetusmääriä, polttoainekulutusta ja päästöjä. Tulosten perusteella aluskuljetuksilla voitaisiin kuljettaa noin 1,7 TWh. Aluskuljetuksilla hiilidioksidipäästöt ovat pienemmät kuin kuorma-autokuljetuksilla, mutta päästöjen pienentyminen ei ole merkittävää tasoa.
- Aluskuljetusten merkitystä bioenergian käyttötavoitteiden saavuttamisessa ei voida arvioida, koska sopimukset tehdään vasta Keiteleen kanavan parantamispäätöksen ja alustilauksen jälkeen. Bioenergian käyttötavoitteiden saavuttaminen edellyttäne useampien kuljetusmuotojen käyttöä.
- Alusinvestoinnin rahoituksesta 50 % on suunniteltu olevan vierasta ja 50 % omaa pääomaa. Potentiaalisina sijoittajina voidaan nähdä valikoidut suomalaiset instituutiot, pääomasijoittajat, valikoidut teolliset sijoittajat. Kaikkiaan sijoittajina olisi muutamia riskirahoitukseen osallistuvia tahoja, jotka ovat jo osoittaneet tiettyä kiinnostusta hankkeeseen. Pääomahankinnan ajalliseksi kestoksi on arvioitu alustavasti noin 3 kk.
- Käytetty energiapuun hankinnan optimointimalli on virheellinen, koska puuvirtojen oletetaan aina suuntautuvan lähimmälle käyttöpisteelle.
- Kuljetusketjujen kustannusvertailuissa on suuria virheellisyyksiä verrattaessa toteutuneita kuorma-auto- ja rautatiekuljetuskustannuksia aluksen laskennallisiin kustannuksiin.
- Useat tahot esittivät kirjallisesti toimittamansa aineiston liittämistä työryhmän mietintöön.

Liite 3: Käytetyt yksiköt ja termit

Yksiköt

m^3	kuutiometri, teoreettinen kiintotilavuus
i- m^3	irtokuutiometri, tilavuus kuljetusvälineessä
1 m^3 metsähaketta	~ 2,5 i- m^3
1 m^3 metsähaketta	~ 1,9 MWh
1 i- m^3 metsähaketta	~ 0,8 MWh
1 i- m^3 metsähaketta	~0,3 tonnia

1 TWh = 1 000 GWh = 1 000 000 MWh

toe = ekvivalenttinen öljytonni eli yhtä öljytonnia vastaava energiamäärä

Wh = wattitunti

J = joule

Eri energiayksikköjen väliset muuntokertoimet (Tilastokeskus 2006a)

	tOE	MWh	GJ
ekvivalenttinen öljytonni (tOE)	1	11,630	41,868
megawattitunti (MWh)	0,08598	1	3,6
gigajoule (GJ)	0,02388	0,2778	1

Etuliitteet

K = kilo = 10^3 = 1 000

M = mega = 10^6 = 1 000 000

G = giga = 10^9 = 1 000 000 000

T = tera = 10^{12} = 1 000 000 000 000

P = peta = 10^{15} = 1 000 000 000 000 000

Metsähakkeen potentiaalit

Useat eri tahot (Metla, PTT, Pöyry, Metsäteho, VTT) ovat 2000-luvulla laatineet arvioita metsähakkeen hankintapotentiaaleista. Metsäteho Oy:n ja Pöyryn vuonna 2009 laatimassa selvityksessä *Puupolttoaineiden saatavuus ja käyttö Suomessa 2020* on arvioitu eri metsähakkeen tarjonnan potentiaaleja. Näitä ovat

- Teoreettinen potentiaali,
- Teknis-ekologinen potentiaali ja
- ns. tarjontahalukkuuteen perustuva potentiaali

Metsäteho-Pöyryn selvityksessä **teoreettinen hankintapotentiaali** oli Metsäteho Oy:n ja Pöyryn selvityksessä se määrä

- hakkuutahteita ja kantoja, mikä syntyi päätehakkuualoille Perus- ja Maksimihakkuuskenaarioilla ja
- pienpuuta, kun nuorten metsien kasvatushakkuut tehtiin ehdotusten mukaisesti ajallaan ja hakkuu tehtiin kokopuuna.

Metsäteho Oy:n ja Pöyryn selvityksen mukaan teoreettinen tarjonta vuonna 2020 olisi yhteensä noin 104,5 TWh.

Teknis-ekologinen hankintapotentiaali oli Metsäteho Oy:n ja Pöyryn selvityksessä se talteen saatavissa oleva metsähakeraaka-ainemäärä, missä otettiin huomioon seuraavat rajoitteet:

- Talteensaantoprosentti on alle 100,
- Kuitupuuta ei mene merkittäviä määriä polttoon,
- Energiapuun korjuu -oppaan* suosituksia noudatetaan korjuukohdevalinnassa ja
- Kaikki energiapuu ei tule markkinoille (metsänomistajien energiapuun tarjontahaluukkuus).

Metsäteho Oy:n ja Pöyryn selvityksen mukaan vuonna 2020 metsähakkeen teknis-ekologinen potentiaali olisi noin 42,9 TWh

Teknis-ekologisen potentiaalin toteutumiseen vaikuttavat mm. puumarkkinatilanne, metsänomistajien myyntihalukkuus, päästöoikeuden hinta, kilpailevien polttoaineiden (turpeen, kivihiilen, öljyn jne) hinta sekä kestävä metsätalouden (Kemera) energiapuun korjuu- ja haketustuen tasoja riittävyys.

Metsäteho ja Pöyry arvioivat, metsäenergiaa hyödynnettävän noin 27 TWh vuonna 2020, mikäli päästöoikeuden hinta olisi 30 €/t

Katsaus löytyy osoitteesta:

http://www.biomass.fi/fi/document.cfm?doc=show&doc_id=76

Uusiutuvilla energianlähteillä

tarkoitetaan tuuli-, aurinko-, maalämpö-, aalto-, ja vuorovesienergiaa, vesivoimaa, biomassaa sekä kaatopaikoilla ja jätevedenpuhdistamoissa syntyvää kaasua ja biokaasua. [Entäs geotermien energia ja eikö maalämpö ole auringosta peräisin?]

Bioenergia

Biomassoista peräisin oleva, eli biopolttoaineesta saatava energia

Biopolttoaine

on kiinteä, nestemäinen tai kaasumainen polttoaine, joka tuotetaan biomassasta.

Puuperäiset polttoaineet

Yleisnimitys kaikille puu- ja kuoriaineksesta peräisin oleville polttoaineille sisältäen myös metsäteollisuuden puutähteet ja mustalipeän.

Puupolttoaineet

Jos raaka-ainelähteenä ovat puut, puhutaan puubiomassasta, puu- tai puuperäisistä polttoaineista sekä puu- tai puuperäisestä energiasta.

Energiapuu

Polttoon tai muuhun energiakäyttöön tarkoitettu puu tai puutavara muodosta ja lajista riippumatta.

Hakkuutähteet: uudistushakkuun yhteydessä syntyvä ja metsään jäävä puuaines kuten oksat ja latvukset lehtineen ja neulasineen. Myös hakkuualueelle jääneet yksittäiset hylkyt ovat hakkuutähdettä.

Metsähake

Metsähake on polttihaketta tai puumurskaa, jonka valmistukseen voidaan käyttää kaikkea metsästä saatavaa puuta, kuten runkopuuta, latvuksia, oksia, neulasia, lehtiä, kantoja ja juurakoita.

Teollisuuden sivutuotepuu

Sahateollisuudessa tai muussa puutuoteteollisuudessa syntyneet sivutuotteet, joita ovat (Metla):

Teollisuuden puutähdehake: hake ja puumurske, jota valmistetaan sahateollisuuden tai muun puutuoteteollisuuden, kuten vaneri- ja muun puulevyteollisuuden sekä puusepänteollisuuden sivutuotteista.

Purut: sahauksessa, puutavaran höyläyksessä tai muussa puunjalostuksessa syntynyt sahanpuru, kutterinlastu ja muu lastu ja puru sekä hiontapöly.

Kuori: puunjalostuksessa syntyvä kuorintatähde.

Muu kiinteä puupolttoaine: muu edellä mainitsematon ja erittelemätön kiinteä puupolttoaine.



Puupolttoaineiden kuljetusten optimointi

Keiteleen kanavatyöryhmän taustaselvitys

Loppuraportti 29.12.2009



Merenkulkulaitos

RAMBOLL

PÖYRY

TIIVISTELMÄ

Metsähakkeen teknis-ekologinen potentiaaliksi vuonna 2015 arvioidaan 43 TWh, josta pienpuun osuus 15,7 TWh. Arvio perustuu nykyiseen 56 milj. m³ vuotuiseseen hakkuumäärään. Hyödynnettävissä olevat metsähakevarat ovat suurimmat Keski-Suomessa ja Savossa. Mekaanisen metsäteollisuuden tuotannon ja samalla metsäteollisuudessa syntyvien sivutuotteiden määrän oletetaan laskevan pidemmällä aikavälillä noin 20 %. Vuonna 2015 metsäteollisuuden sivutuotteiden markkintarjonnaksi arvioidaan 8,7 TWh. Vastaavasti vuonna 2015 Suomessa arvioidaan olevan yli 550 puuta käyttävää energialaitosta. Näiden yhteenlaskettu puun tekninen käyttöpotentiaali on noin 52 TWh, josta metsähakkeen tekninen käyttöpotentiaali laitoksilla on noin 25,7 TWh.

Autokuljetus tulee säilymään selvästi tärkeimpänä puupolttoaineiden kuljetusmuotona. Suurin osa vuoden 2015 toimituksista tulee olemaan lyhyitä, alle 100 kilometrin pituisia kuljetuksia. Tällöin autokuljetusten markkinaosuus on muiden kuljetusmuotojen tarjonnan lisäyksestä ja päästöoikeuden kehityksestä riippumatta yli 90 %.

Uuden bioaluksen suurten investointikustannusten vuoksi aluksen kilpailukyky edellyttää tehokasta ympärivuotista käyttöä. Aluksen käyttö puupolttoaineiden ja turpeen kuljetuksissa ei ole Päijänteen ja Keiteleen vesistöalueella liike- eikä yhteiskuntataloudellisesti kannattavaa. Laadittujen puupolttoaineiden optimointien mukaan toimitukset Keski-Suomessa ovat lyhyitä ja ovat siksi taloudellisimmin hoidettavissa autokuljetuksina. Vesitiekuljetusten hyödyntäminen metsähakkeen kuljetuksissa ei kuitenkaan ole poissuljettua. Kuljetuksia voidaan hoitaa esimerkiksi proomukalustolla.

Rautatiekuljetusten käyttö on taloudellisesti kannattavaa pitkissä kuljetuksissa. Kun metsähakkeen toimitus perustuu tienvarsihaketukseen ja alkukuljetus on 10–20 kilometrin mittainen, on rautatiekuljetus autokuljetusta edullisempi 140–180 kilometrin kuljetusmatkalla. Optimointien mukaan rautatiekuljetusten potentiaalinen määrä vuonna 2015 on päästöoikeuden hinnasta riippuen noin 2,6–3,6 TWh (vastaa noin 3,2–4,5 milj. irtokuutiota ja n. 0,8–1,2 milj. tonnia). Näiden potentiaalien toteutuminen edellyttää kilpailukykyisen rahtihinnan lisäksi investointeja rautateterminaaleihin ja hakekuljetuksiin soveltuvaan kalustoon.

Tulevaisuudessa puupolttoaineiden välivarastointi eli terminaalityö tulee yleistymään ja osa nykyisestä tienvarsihaketuksesta tulee siirtymään terminaaliin haketettavaksi. Välivarastointiin käytettävä terminaali voi palvella yksinomaan autokuljetusta, tai se voi toimia samalla myös rautatiekuljetusten tai aluskuljetusten edellyttämänä lastaustermiinalina. Tällaisessa toimintamallissa rautatie- ja aluskuljetusten kilpailukyky arvioidaan paranevan.

Jyväskylän uuden Keljonlahden voimalaitoksen puupolttoaineen tarpeesta (2 TWh) voidaan tyydyttää 100 %. Tienvarsihaketukseen perustuvissa toimituksissa autokuljetusten markkinaosuus tulee olemaan lähes 100 %. Pieni osa kuljetuksista kannattaisi hoitaa rautateitse. Terminaalityöarvioinnin arvioidaan kuitenkin lisäävän rautatiekuljetusten käyttöä.

ESIPUHE

Liikenne- ja viestintäministeriö asetti 27.3 työryhmän, jonka tehtävänä oli selvittää Keiteleen kanavan parantamiseen liittyvien toimenpiteiden yhteiskuntataloudellisen merkityksen ja erityisesti raide- ja vesikuljetusten keskinäisen kustannustehokkuuden sekä rahoituksen vaihtoehdot ja esittää suunnitelma hankekokonaisuuden toteuttamisesta.

Tämä selvitys on Merenkululaitoksen tilaama työryhmän taustaselvitys, jossa eri kuljetusmuotojen käytön kannattavuutta ja kysyntää on arvioitu Pöyry Energy Oy:n puupolttoaineen kysyntä- ja tarjontamalliin avulla. Mallia täydennettiin työn aikana niin, että se ottaa huomioon autokuljetuksen ohella vaihtoehtoisina kuljetusmuotoina myös aluskuljetuksen ja junakuljetuksen. Aluskuljetuksen tarkastelu rajattiin Päijänteen ja Keiteleen vesistöalueelle ja se perustui Suomessa suunniteltuun ns. bioalukseen.

Tätä selvitystä ohjanneeseen työryhmään ovat kuuluneet hallitusneuvos Mikael Nyberg (puh. joht.), neuvotteleva virkamies Riitta Viren ja taloushallintopalveluiden päällikkö Jaana Kuusisto liikenne- ja viestintäministeriöstä, ylitarkastaja Jukka Saarinen työ- ja elinkeinoministeriöstä, ylitarkastaja Kaisa Pirkola maa- ja metsätalousministeriöstä, maakuntajohtaja Anita Mikkonen Keski-Suomen liitosta, väylänpidon johtaja Keijo Kostiainen ja diplomi-insinööri Olli Holm Merenkululaitoksesta, apulaisjohtaja Timo Välke Ratahallintokeskuksesta ja tiejohtaja Seppo Kosonen Keski-Suomen tiepiiristä.

Tämän selvityksen ovat tehneet Ramboll Finland Oy (pääkonsultti) ja Pöyry Energy Oy. Työhön Ramboll Finland Oy:ssä ovat osallistuneet DI Pekka Iikkanen (projektipäällikkö) ja DI Ari Sirkiä. Puupolttoaineiden optimoinneista Pöyry Energy Oy:ssä ovat vastanneet DI Juha Elo ja tekn. yo. Pekka Saijonmaa

Joulukuussa 2009

Merenkululaitos

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	5
1.1	Selvityksen tausta	5
1.2	Selvityksen tavoitteet ja rajaus	6
2	KÄYTETYN OPTIMOINTIMALLIN KUVAUS	7
2.1	Kysynnän ja tarjonnan mallintaminen.....	7
2.2	Kuljetuskustannukset	9
2.3	Kuljetusetäisyyksien määrittäminen	13
3	PUUPOLTTOAINEIDEN TARJONTA	14
3.1	Mallintamisen lähtökohdat	14
3.2	Alueellinen tarjonta.....	14
4	PUUPOLTTOAINEIDEN KYSYNTÄ	16
4.1	Kysynnän mallintamisen lähtökohdat	16
4.2	Ennustettu alueellinen kysyntä	16
5	PUUPOLTTOAINEIDEN TOIMITUSTEN OPTIMOINTI	18
5.1	Esimerkki toimitusten ohjautumisesta.....	18
5.2	Valtakunnalliset tarkastelut	18
5.3	Keljonlahden voimalaitoksen toimitukset.....	20
5.4	Epävarmuustekijöiden arviointi	23
5.4.1	Kuljetusmuotojen kustannukset	23
5.4.2	Haketuspaikan ja välivarastoinnin merkitys.....	25
6	KULJETUSTEN YHTEISKUNTATALOUDELLISIA VAIKUTUKSIA	26
6.1	Väylänpidon kustannukset	26
6.2	Päästöt.....	28
6.3	Onnettomuudet	29
7	BIOALUKSEN KÄYTÖN EDELLYTTÄMIEN VÄYLÄINVESTOINTIEN KANNATTAVUUS	30
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	32

1 JOHDANTO

1.1 Selvityksen tausta

Puupolttoaineiden toimitukset perustuvat nykyisin ns. tienvarsihaketukseen suoriin autokuljetuksiin. Periaatteessa vaihtoehtoisina kuljetusmuotoina autokuljetuksille ovat alus- ja rautatiekuljetukset. Puupolttoaineiden aluskuljetusta on testattu proomukuljetuksia Saimaan vesistöalueella. Rautatiekuljetuksia on käytetty lähinnä turpeen ja tuotantolaitosten välisissä metsäteollisuuden sivutuotteiden kuljetuksissa.

Jyväskylän Keljonlahteen on valmistumassa Jyväskylä Energia Oy:n voimalaitos, jonka energiaraaka-aineen kysyntä on noin 3 TWh vuodessa, josta puupolttoaineilla on arvioitu katettavan noin 2,1 TWh. Tämän kysynnän tyydyttämiseksi on kaavailtu kaikkien kolmen kuljetusmuodon hyödyntämistä. Aluskuljetusten osalta esille on noussut kokonaan uudenlaisen bioaluksen käyttö, joka kenee liikennöimään jääolosuhteissa ilman jäänmurtoapua. Aluksenlastinottokyky on noin 7000 kuutiometriä ja sen lastaus- ja purku on suunniteltu tapahtuvan pneumaattisesti, jolloin erillistä lastinkäsittelykalustoa ei tarvita. Järjestelmän toimivuudesta ei kuitenkaan ole vielä kokemuksia. Uuden aluksen toiminta-alueeksi on kaavailtu Kymijoen vesistöaluetta. Tällä hetkellä käyttö Päijänteen ulkopuolisen vesistöalueena käyttöä rajoittavat Keitelelen kanavan kaksi alikulkukorkeudeltaan riittämätöntä siltaa ja Päijänteen ja Ruotsalaisen välisen Kalkkisten kanavan leveys- ja syvyysrajoitteet.

Metsähakkeen rautatiekuljetusten käynnistäminen edellyttää kuljetusjärjestelmän kehitystyötä ja hakekuljetusten edellyttämien terminaalialueiden rakentamista. Nykyinen liikenneittäjä on suunnitellut mm. konttien käyttöön perustuvaa kuljetusjärjestelmää. Tämä järjestelmä perustuisi haketukseen tienvarressa ja konttien siirtokuormaukseen kuorma-auton ja junavaunun välillä. Tämän järjestelmän ongelmaksi on havaittu kolmen 150 kuution suuruisen kontin kuljettaminen kuorma-autolla. Toinen mahdollisuus on käyttää perinteisiä hakevaunuja, jolloin puuraaka-aine lastattaisiin vaunuihin rautatieterminaalissa sijaitsevasta välivarastosta, jossa voitaisiin toteuttaa myös puuaineksen haketus.

Uuden bioaluksen ja rautatiekuljetusten edellyttämien infrastruktuuri-investointien perusteleminen tarvitaan tietoa näiden kuljetusmuotojen kilpailukykyä ja kysynnästä metsähakkeen kuljetuksissa. Metsähakkeen tarjonnasta vallitsevan kilpailun vuoksi kysynnän ennustaminen edellyttää toimitusten optimointia puupolttoaineiden tarjonta- ja kysyntäpaikkojen välillä. Koska päästöoikeuden hinnalla on merkittävä vaikutus puupolttoaineiden kysyntään, on optimoinneissa otettava huomioon myös päästöoikeuden hinnan mahdollinen vaihtelutaso.

1.2 Selvityksen tavoitteet ja rajaus

Selvitys on jatkoa keväällä 2009 liikenne- ja viestintäministeriön Keiteleen kanavan kehittämistä koskevalle työryhmälle tehdylle esiselvitykselle. Tavoitteena on arvioida puuenergian saatavuutta erityisesti Keski-Suomen energia- ja teollisuuslaitoksilla ja arvioida eri kuljetusmuotojen käyttöä näissä kuljetuksissa. Autokuljetukselle vaihtoehtoisina kuljetusmuotoina tutkitaan Suomessa kehitteillä olevan bioalukseen perustuvia vesikuljetuksia sekä rautatiekuljetuksia. Suunniteltu bioalus kykenee kulkemaan itsenäisesti ympärivuotisesti.

Selvitys perustuu puupolttoaineiden kuljetusten optimointimalliin, jolla tarkastellaan vuoden 2015 tilannetta. Vuotuinen hakkuumäärä on Metsäteho Oy:n ja Pöyry Energy Oy:n selvityksen perusskenaariota mukaisesti 57 milj. kuutiota vuodessa. Päästöoikeuden hintana tarkasteluissa käytetään 20 € ja 30 € hiilidioksiditonnia kohti. Optimointimalli perustuu tienvarsihaketukseseen. Terminaaleissa tapahtuvan haketuksen merkitystä tarkastellaan mm. arvioitaessa bioaluksen käytöllä Päijänteen ja Keiteleen kuljetuksissa saavutettavia yhteiskuntataloudellisia hyöty potentiaaleja.

Puupolttoainemarkkinoilla vallitsevan kilpailutilanteen vuoksi energiapuun tavaravirtoja tarkastellaan koko valtakunnan tasolla. Puupolttoaineiden kysynnässä puun kysyntäpaikkoina otetaan huomioon kaikki puupolttoaineita käyttävät kohteet (energiantuotantolaitokset, pellettitehtaat, sellutehtaat jne.). Vastaavasti puupolttoaineiden tarjonnassa otetaan huomioon pääte- ja harvennushakkuihin perustuvat metsähakepotentiaalit (hakkuutähde, pienpuu ja kannot) sekä metsäteollisuuden sivutuotteina saatava kuori, puu ja hake, joka ei mene tuotantolaitoksen omaan energiantuotantoon. Turvetta tarkastellaan selvityksessä ns. vaihtoehtoisena energiamuotona, joka vaikuttaa osaltaan siihen, onko energiapuun käyttö kannattavaa ja kuinka kaukaa sitä kannattaa hankkia. Herkkyystarkasteluna arvioidaan autokuljetuksen kustannusnousun vaikutusta kuljetusmuotojen kilpailukykyyn.

2 KÄYTETYN OPTIMOINTIMALLIN KUVAUS

2.1 Kysynnän ja tarjonnan mallintaminen

Puupolttoaineiden kysynnän ja tarjonnan kohtaamista ja kilpailutilanteen muodostumista tarkastellaan Pöyry Energy Oy:n kehittämällä optimointimallilla, jota on tämän työn aikana täydennetty aluskuljetusten ja junakuljetusten tarkastelun edellyttämällä kuljetuskustannustiedoilla.

Optimoinnin periaatteet

Optimointi perustuu tuottajan voiton maksimointiin, ja siinä puupolttoaine-erät (sivutuotteet, kannot ja metsähake-erät) toimitetaan eniten maksavalle käyttäjälle maksimoiden tuottajan katetta. Malli huomioi puupolttoaineen tuotantokustannusten ja kuljetuskustannusten lisäksi myös puupolttoaineista kilpailevien laitosten puustamaksukyvyt. Puustamaksukyky määrittelee sen maksimihinnan, minkä toimija haluaa puuraaka-aineestaan maksaa ennen kuin vaihtaa halvempaan polttoaineeseen tai supistaa tuotantoaan. Optimointimalli laskee tarjonnan vain laitosalueen ulkopuolelle ohjautuvista toimituksista. Optimointi antaa arvion kullekin laitokselle saatavan puupolttoaineen määrästä ja hinnasta, kun kilpailijoiden kysyntä otetaan huomioon.

Energialaitosten halukkuus maksaa puupolttoaineesta on riippuvainen päästöoikeuden hinnasta sekä vaihtoehtoisen polttoaineen hinnasta. Turve on pääsääntöisesti Suomessa puupolttoaineen kanssa kilpaileva polttoaine. Turpeen poltto-ominaisuudet ovat jonkin verran puupolttoaineita paremmat, mikä laskee 1-2 €/MWh verran valmiutta maksaa puupolttoaineesta turpeeseen nähden. Puustamaksukyky metsähakkeesta on rakennusasteesta riippuen 1-2 €/MWh sivutuotteita parempi sähkön tuotantotuen vuoksi.

Tarjonnan mallinnus

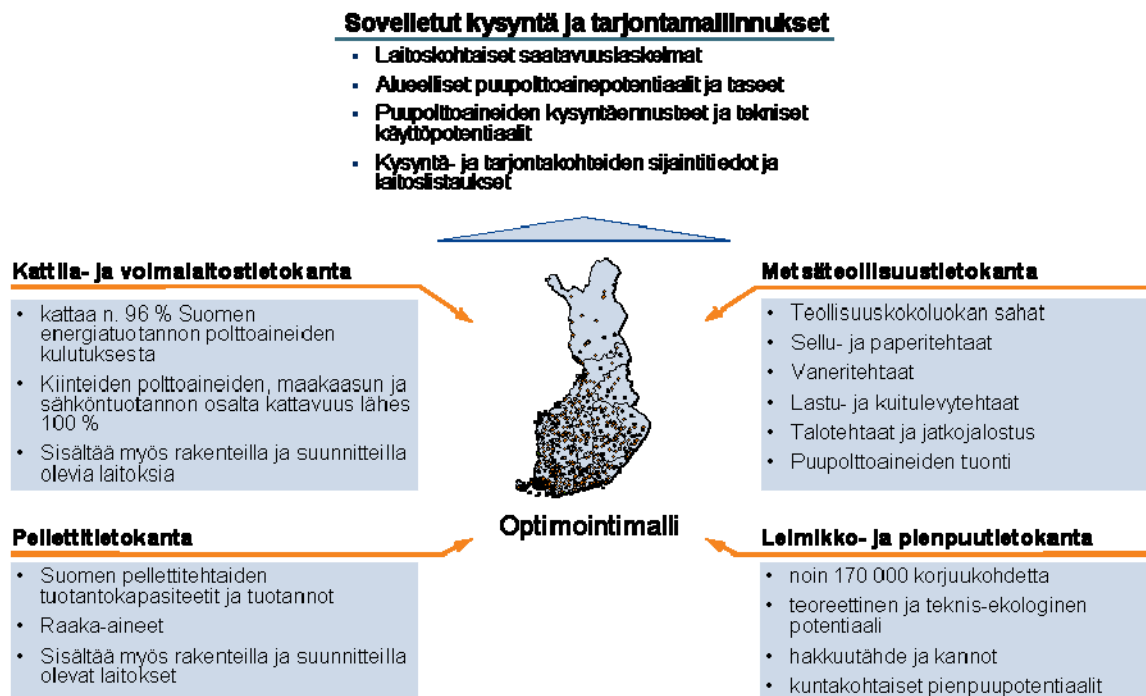
Puupolttoaineen tarjonnan kuvaus perustuu leimikko- ja metsäteollisuustietokantaan. Leimikkotietokanta sisältää noin 170 000 korjuukohdetta. Leimikkotietokannan tiedot perustuvat Metsäteho Oy:n ja Pöyryn tekemään mm. metsäenergiapotentialiaaleja koskevan selvitykseen. Laskentojen lähtöaineistona käytetään vuosien 2006–2007 toteutuneita ainespuuhakkuita sekä leimikkokohtaisia metsähakekertymä tietoja Suomessa. Vastaavasti metsäteollisuustietokanta sisältää kaikki Suomen teollisuuskokoluokan sahat sekä kaikki puumassa-, vaneri ja levytehtaat. Tietokannassa on määritetty kunkin sijaintipaikan koordinaatit, jotka yhdessä energialaitostietojen kanssa mahdollistaa laitosalueiden sisäisen käytön huomioimisen tarkasteluissa.

Kysynnän mallinnus

Kysynnän mallinnus perustuu voimalaitos- ja kattilatietokantaan. Tietokanta sisältää noin 1 800 kattilaa, jotka kattavat noin 96 % Suomen energiantuotannon polttoaineiden kulutuksesta. Kivihiilen, maakaasun, turpeen ja puuperäisten polttoaineiden osalta tietokannan kattavuus polttoaine-

kulutuksesta on lähes 100 %. Kattilalaitosten sähköntuotannon suhteen kattavuus on 100 %. Myös puuraaka-aineesta energialaitosten kanssa kilpailevat pellettitehtaat ovat katettu laskelmissa 100 prosenttisesti. Tietokanta sisältää myös arviot uusista kattiloista ja voimalaitoksista vuoteen 2030 asti. Pellettitietokanta huomioi vastaavasti arvion tuotannon kehittymisestä vuoteen 2020 asti. Kattilakohtaisesti tietokanta sisältää mm. seuraavat tiedot:

- omistaja, tuotantolaitos, toimiala ja sijainti
- valmistumisvuosi, revisiovuosi ja arvioitu poistumisvuosi
- laitostyyppi (lauhde-, lämmitysvoima-, teollisuuden vastapainelaitos, ym.)
- polttotekniikka, sähkö-, lämpö- ja polttoaineteho
- polttoainekulutus, polttoaineosuudet ja huipunkäyttöaika
- sähkön ja lämmön tuotanto
- CO₂-, SO₂-, NO_x- ja hiukkaspäästöt ja ominaispäästökertoimet.



Kuva 1. Pöyry Energy Oy:n puupolttoaineiden kysyntä- ja tarjontamalli.

2.2 Kuljetuskustannukset

Tärkein kuljetusmuotojen kysyntään vaikuttava tekijä on kuljetuksesta ja siihen liittyvistä terminaalitoiminnoista perittävä rahtihinta. Rahtihintaan sisältyvät myös liikenteen erityisverot ja maksut. Optimoinnissa kuljetuskustannuksen yksikkönä oli €/MWh. Yksi irtokuutiota ($i\text{-m}^3$) haketta vastaa keskimäärin 0,8 MWh energiaa.

Tiekuljetukset

Optimointimallissa käytetty tiekuljetusten kustannusfunktio perustui toteutuneisiin vuoden 2008 hintatietoihin. Kustannus esimerkiksi 100 kilometrin matkalla on noin 2,9 €/i- m^3 .

Aluskuljetuksen kustannukset

Uuden bioaluksen rahtihintatasoa kuvaa kustannusfunktio määritettiin laskennallisesti aluksen ajo- ja terminaalituntia kohti. Ajokustannukset määritettiin erikseen avovesi- ja jääolosuhteille. Jääolosuhteiden kestoksi arvioitiin 3,5 kuukautta vuodessa. Lähtötietoina kustannusten määrittämisessä käytettiin aluksen kehittämisestä vastanneen Laffcompin esittämiä kustannuksia ja tietoja aluksen ominaisuuksista. Laskentaperusteet olivat seuraavat:

- aluksen hankintahinta: 22 M€¹
- aluksen maksimilasti: 7000 m^3
- maksimiteho: 4000 hv
- nopeus (avovesi/jääolosuhteet): 9,7 solmua/5,4 solmua
- avovesikausi keskimäärin 8,5 kk, jääolosuhteet keskimäärin 3,5 kk
- lastausteho: 2000 m^3/tunti
- pääomakustannukset: 3 000 000 €/v¹ (perustuu ulkopuoliseen lainaan ja oman pääoman tuottovaatimukseen)
- työvoimakustannukset: 780 000 €/v (5x2 hengen miehistö)¹
- polttoaineaine: maakaasu (LNG)
- aluksen kunnossapito- ja huoltokustannukset: 300 000 €/v¹
- aluksen vakuutus-, hallinto-, ja yleiskulut: 800 000 €/v¹

Edellä esitettyihin lähtöoletuksiin perustuen aluskuljetusten kustannukset ovat 100 kilometrin kuljetuksessa (ei sulutuksia) keskimäärin 2,7 €/i- m^3 (avovedessä noin 2,3 €/i- m^3 ja jääolosuhteissa noin 3,5 €/i- m^3). Reittikohtaisiin kustannuksiin lisättiin sulutuksista aiheutuvat lisäkustannukset. Laffcompin¹ arvioima rahtitaso 100 kilometrin kuljetusetäisyydellä on 2,80–3,63 €/m³ eli hieman korkeampi kuin optimoinneissa käytetty rahtitaso. Edellä esitetyt kustannukset edellyttävät aluksen jatkuvaa käyttöä. Aluksen vuotuinen kuljetuskapasiteetti on noin 2,5 milj. i- m^3 . Mikäli kuljetuskysyntä jää tätä pienemmäksi, kasvavat aluksen käytön kustannukset aluksen suurten pääomakustannusten vuoksi.

¹ Laffcomp, Bioship 1 rahtauksen perusteita, Jyväskylä 19.05.2009.

Junakuljetuksen kustannukset

Optimoinneissa käytetyt junakuljetusten rahtikustannukset perustuivat Metsätehon raakapuukuljetusten rahtihintatietoihin. Sovellettaessa näitä kustannuksia hakekuljetuksiin, oletettiin hakevaunun lastitilavuudeksi 150 kuutiometriä. Lisäksi otettiin huomioon hakkeen kuormauksen ja purun aiheuttamat kustannukset sekä tuotantolaitospäässä tapahtuvan junien pilkkomisen kustannukset.

Rautatiekuljetuksen kustannus 100 kilometrin matkalla on noin 2,0 €/i-m³.

Kuljetusmuotojen kilpailukyvyn vertailu

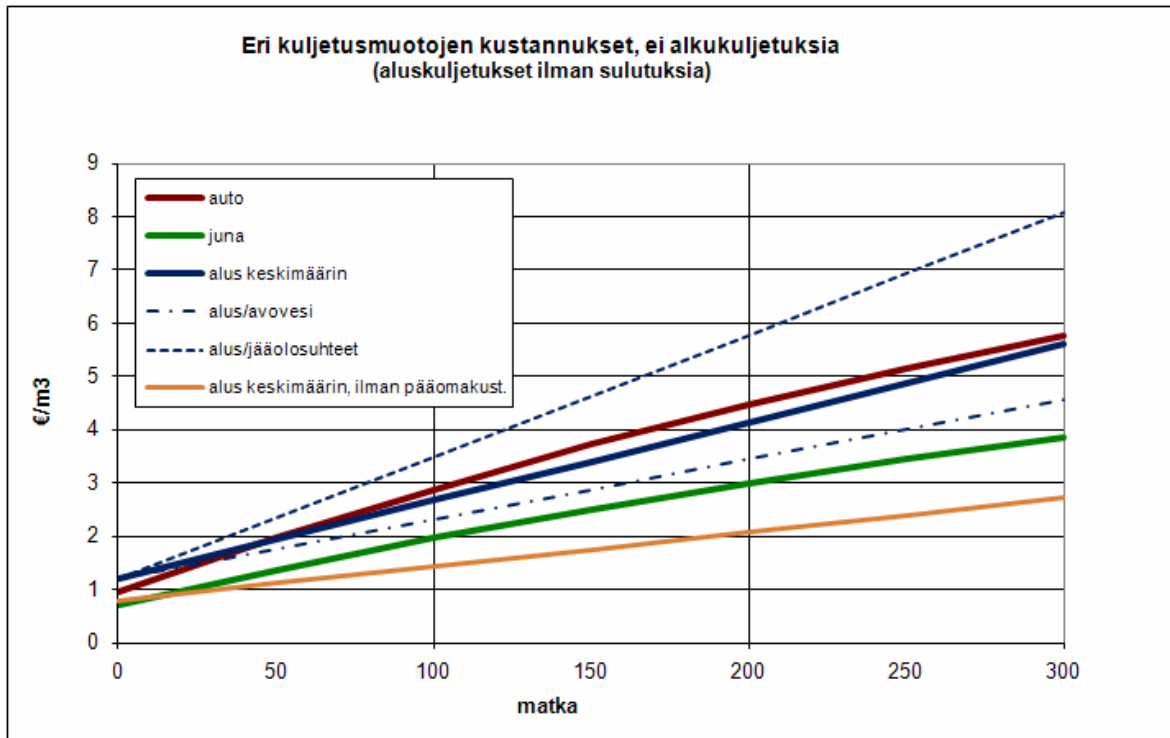
Tarkasteltavista kuljetusmuodoista junakuljetus on selvästi edullisin. Uuteen bioalukseen perustuva aluskuljetus on avovesiolosuhteissa autokuljetusta edullisempi. Sen sijaan jääolosuhteissa bioaluksen kustannukset ovat selvästi autokuljetuksen kustannuksia suuremmat. Keski-Suomen olosuhteissa bioaluksen ja autokuljetuksen kustannukset ovat ympärivuotisella tasolla lähes samansuuruiset (yli 50 km:n matkalla aluskuljetuksen kustannukset ovat hieman pienemmät, kuva 2).

Bioaluksen pääomakustannukset ovat yli 40 % kokonaiskustannuksista. Tähän vaikuttavat aluksen korkea hinta, pääoman tuottovaatimukset ja aluksen tekniseen käyttöikänsä nähden lyhyt lainan takaisinmaksuaika (12 vuotta). Ilman pääomakustannuksia alus olisi selvästi edullisin kuljetusmuoto. Käytännössä pääomakustannusten rahtihintaan koskevan vaikutuksen pienentäminen edellyttäisi investointituen myöntämistä alukselle.

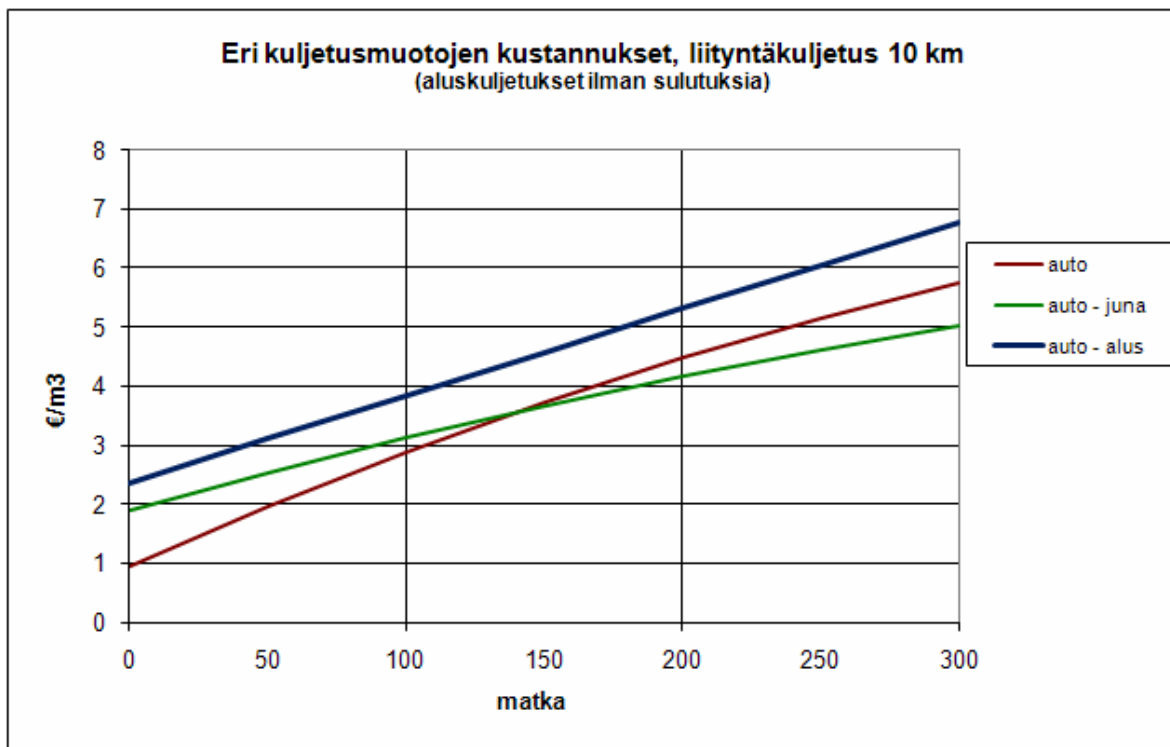
Metsähakkeen alus- ja junakuljetus edellyttävät aina kuorma-autolla hoidettavaa alkukuljetusta terminaaliin. Tämä nostaa juna- ja aluskuljetusketjun kustannuksia ja heikentää niiden kilpailukykyä suoraan autokuljetukseen nähden. Seuraavassa on tarkasteltu tienvarsihaketukseen perustuvissa toimituksissa eri kuljetusmuotojen kannattavuusrajaa:

- kun alkukuljetusmatka on 10 kilometriä, on junakuljetus kilpailukykyinen keskimäärin yli 140 kilometrin runkokuljetusmatkalla, sen sijaan aluskuljetus ei ole kilpailukykyinen millään runkokuljetusetäisyydellä (kuva 3).
- kun alkukuljetusmatka on 20 kilometriä, on junakuljetus kilpailukykyinen keskimäärin noin 180 kilometrin runkokuljetusmatkalla (kuva 4).

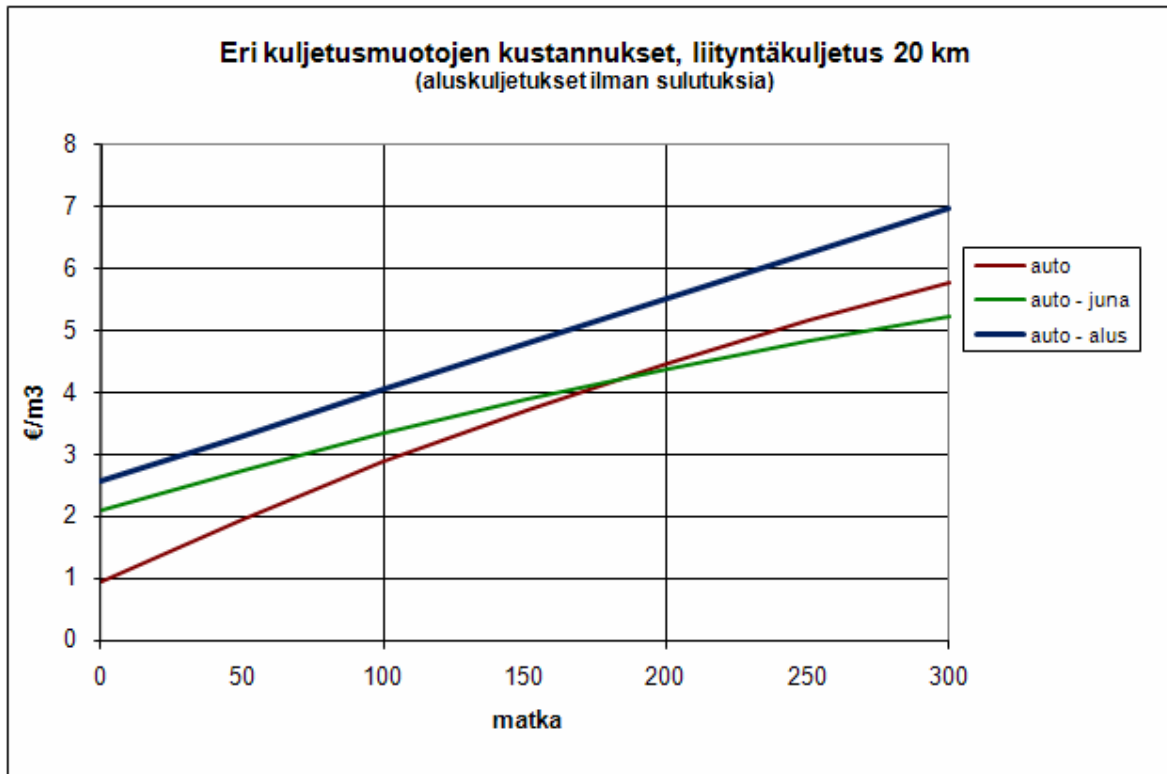
Terminaalihaketukseen perustuvissa toimituksissa kuljetusmuotojen kilpailukyky on riippuvainen käytettävissä olevista terminaaleista ja eri kuljetusmuotojen käyttömahdollisuuksista terminaalien ja puupolttoaineen käyttöpaikkojen välillä.



Kuva 2. Eri kuljetusmuotojen kustannukset ilman alkukuljetusta.



Kuva 3. Eri kuljetusmuotojen kustannukset tienvarsihaketukseen perustuvissa toimituksissa, kun alkukuljetuksen pituus on 10 kilometriä.



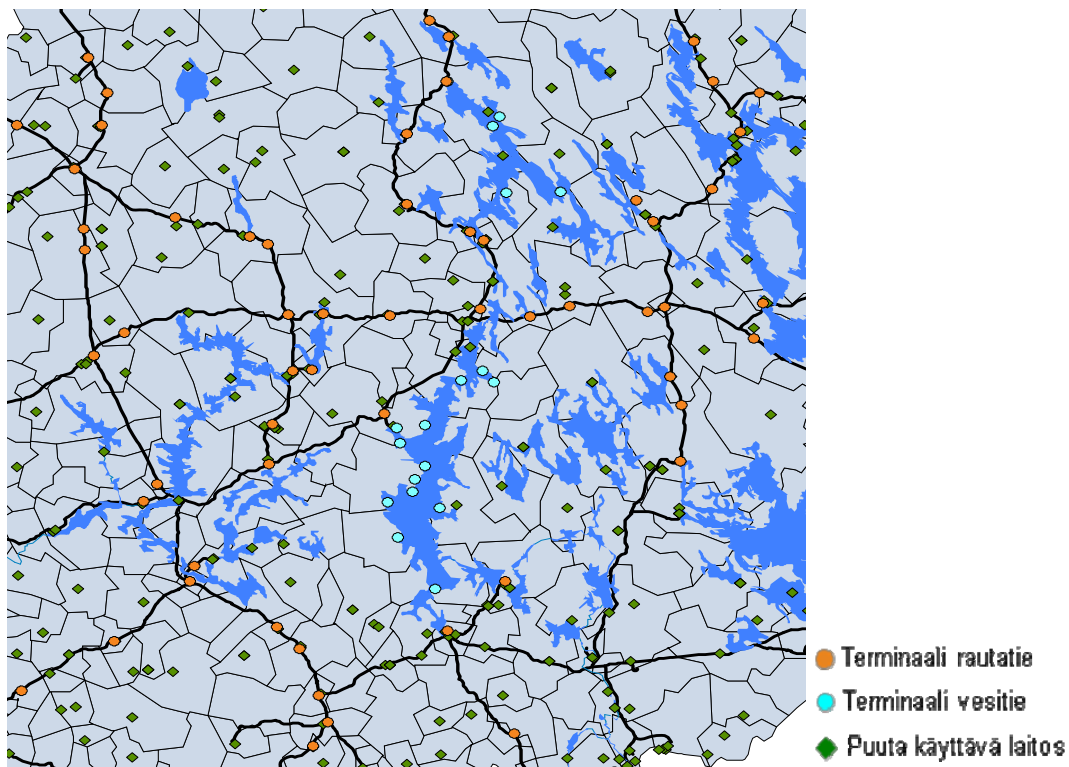
Kuva 4. Eri kuljetusmuotojen kustannukset tienvarsihaketukseen perustuvissa toimituksissa, kun alkukuljetuksen pituus on 20 kilometriä.

2.3 Kuljetusetäisyyksien määrittäminen

Tiekuljetusten kustannuslaskenta perustuu leimikon ja käyttöpaikan väliseen linnuntie-etäisyyteen kerrottuna 1,3:lla, joka vastaa keskimääräistä etäisyyttä Suomen tieverkostoa pitkin. Vastaavasti määritettiin myös kuljetusetäisyydet leimikoista vesi- ja junakuljetustermiinaaleihin.

Aluskuljetusten kuljetusetäisyydet perustuivat todellisiin vesitie-etäisyyksiin termiinaaleista puupolttoaineiden käyttöpaikoille. Tarkasteltava vesitieverkko kattoi Päijänteen ja Keiteleen kanavan vesistöalueen. Päijänteen ja Keiteleen välillä on viisi sulkua. Optimoinneissa käytetty termiinaaliverkko muodostui aikaisemmin käytössä olleista uiton pudotuspaikoista lukuun ottamatta saarissa olleita pudotuspaikkoja (kuva 5). Aluskuljetuksia vastaan ottavina laitoksina tarkasteltiin Keljonlahtea (Jyväskylä), Äänesvoimaa (Äänekoski) ja Kaipolaa (Jämsä).

Junakuljetusten matkat termiinaaleista käyttöpisteisiin perustuivat todellisiin kuljetusmatkoihin rataverkkoa pitkin. Optimoinneissa käytetty termiinaaliverkko muodostui nykyisin käytettävissä olevista raakapuun kuormauspaikoista ja termiinaaleista (kuva 5). Junilla tapahtuvien toimitusten edellytyksenä pidettiin erillisen pistoraitteen käyttömahdollisuutta voimalaitoksella.



Kuva 5. Optimoinnissa käytetty aluskuljetusten ja rautatiekuljetusten termiinaaliverkko Keski-Suomen alueella.

3 PUUPOLTTOAINEIDEN TARJONTA

3.1 Mallintamisen lähtökohdat

Metsätähdehakkeen, pienpuun ja kantojen tarjonta on mallinnettu Pöyryn Leimikkotietokannan avulla. Laskentojen lähtöaineistona käytettiin vuosien 2006–2007 toteutuneita ainespuuhakkuita sekä leimikkokohtaisia metsähakekertymätietoja Suomessa. Tarjonnan lähtökohtana oleva vuotuinen hakkuumäärä on 56 miljoonan kuutiota.

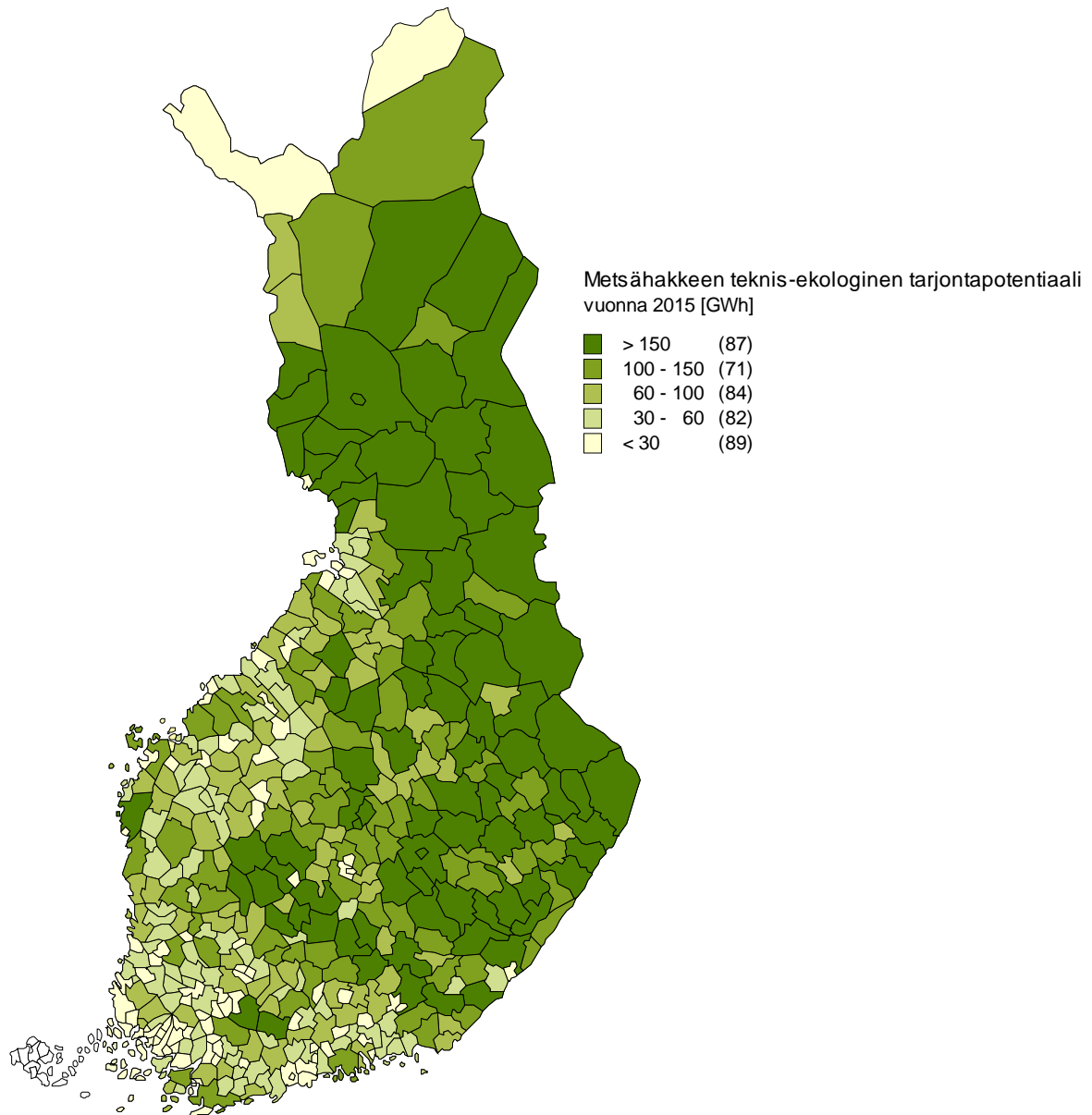
Tarjonta määritettiin ns. teknis-ekologisen potentiaalina, mikä on talteen saatavissa oleva metsähakeraaka-ainemäärä, jossa on otettu huomioon korjuutekniset seikat (talteensaanto -% \neq 100), ettei ainespuuta mene polttoon merkittäviä määriä (=osin integroitu korjuu nuorissa metsissä) sekä energiapuun korjuuohjeet (mm. korjuukohteina eivät karut kasvupaikat).

Teknis-ekologisten hankintapotentiaalın talteensaantoprosentin oletettiin olevan hakkuutähteiden korjuussa 70 %, mäntykannoilla 85 %, kuusi- ja lehtipuukannoilla 90 % ja pienpuun korjuussa 95 %. Korjuukohdevalinnassa noudatettiin Energiapuun korjuu -oppaan (Koistinen & Äijälä 2005) suosituksia. Yksityismetsän-omistajien energiapuun tarjontahalukkuuden oletettiin olevan hakkuutähteillä 90 %, kannoilla 70 % ja nuorista metsistä korjattavalla pienpuulla 80 % vuonna 2020. Muiden metsänomistajaryhmien energia-puun tarjontahalukkuuden oletettiin olevan kaikilla raaka-ainejakeilla 100 %

Sivutuotteiden markkinatarjonnan määrittäminen perustui Pöyryn metsäteollisuustietokantaan, joka sisältää kaikki teollisuuskokoluokan sahat, sellu- ja paperitehtaat sekä muut merkittävät puun jatkojalostuslaitokset Suomessa. Teollisuuslaitosten viimeaikaiset tuotannonsupistukset sekä sisäinen sivutuotekäyttö otettiin huomioon vuoden 2015 sivutuotetarjonnan määrittämisessä.

3.2 Alueellinen tarjonta

Mallintamiseen perustuva metsähakkeen teknis-ekologinen tarjontapotentiaali vuonna 2015 on 42,8 TWh. Tästä metsätähdehakkeen osuus on 12,5 TWh, kantojen 14,7 TWh ja pienpuun 15,6 TWh. Suurimmat tarjontapotentiaalit sijaitsevat Keski- ja Itä-Suomessa (kuva 6). Metsäteollisuuden sivutuotteiden kokonaistarjonnan on arvioitu olevan vuonna 2015 noin 24 TWh, josta energiakäyttöön on arvioitu ohjautuvan noin 18 TWh. Tästä määrästä kilpailluille markkinoille on arvioitu ohjautuvan vain noin 8,7 TWh.



Kuva 6. Metsähakkeen alueellinen tarjontapotentiaali vuonna 2015.

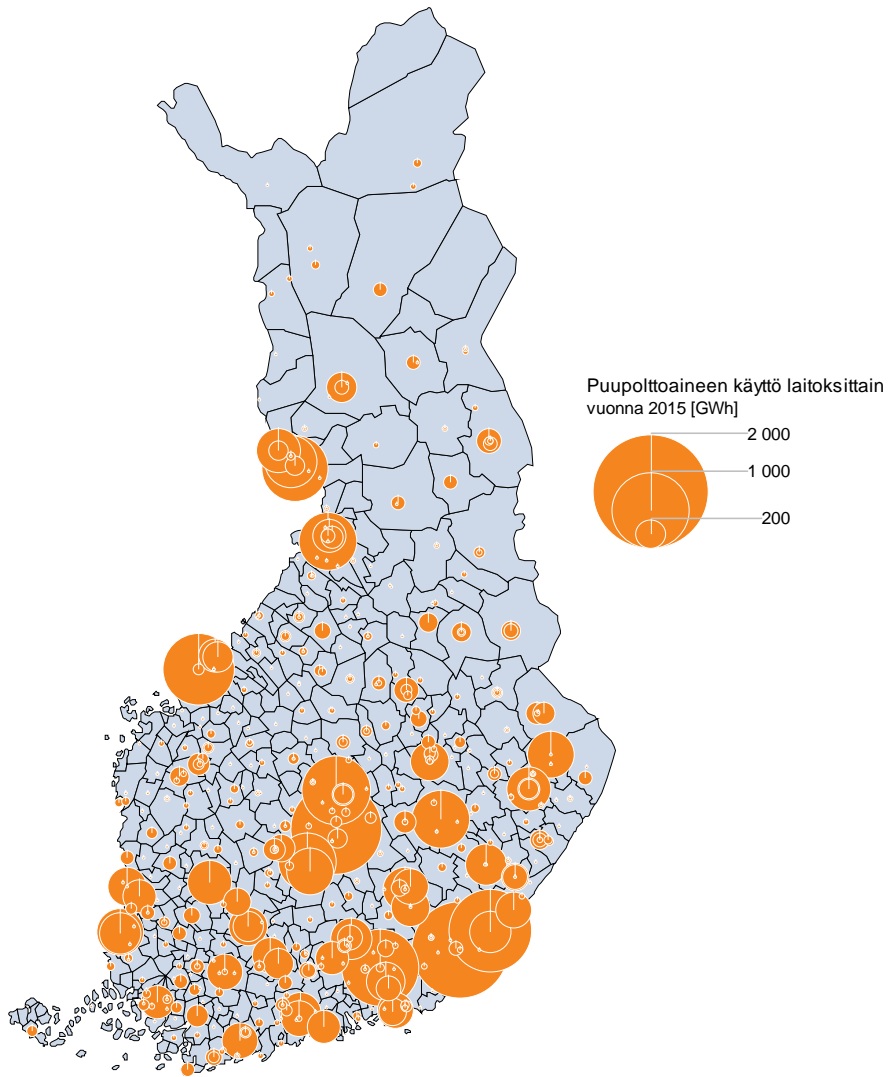
4 PUUPOLTTOAINEIDEN KYSYNTÄ

4.1 Kysynnän mallintamisen lähtökohdat

Selvityksessä kaikki polttoaineiden kulutukseen liittyvät tarkastelut ja laskelmat laadittiin kattila-kohtaisesti edellä kuvattuun Pöyry Energy Oy:n kattila- ja voimalaitostietokantaan perustuen. Tietokannan mukaan uutta puuta käyttävää laitospasiteettia on valmistumassa vuoteen 2015 mennessä yli 2 000 MW. Puupolttoainetarve näillä laitoksilla on yhteensä 7,8 TWh. Suurimpia yksittäisiä puupolttoaineen kysyjä uusista laitoksista ovat Kaukaan Voima Oy:n Lappeenrannan ja Jyväskylän Energian Keljonlahden voimalaitokset. Näiden kahden voimalaitoksen yhteenlaskettu puun kysyntä on lähes 4,5 TWh. Vuoteen 2015 mennessä valmistuu myös lukuisia pienemmän kokoluokan energiainvestointeja.

4.2 Ennustettu alueellinen kysyntä

Vuonna 2015 Suomessa on yli 550 puuta käyttävää energialaitosta, joiden yhteenlaskettu puun tekninen käyttöpotentiaali on noin 52 TWh. Tästä metsähakkeella on mahdollista kattaa noin 25,7 TWh. Kuvassa 7 on esitetty puun kysyntä laitoskohtaisesti vuonna 2015. Energialaitosten kanssa puuraaka-aineesta kilpailevia pellettitehtaita vuonna 2015 on 28. Puun kysyntä näillä tehtailla on yhteensä 2 460 GWh. Tämän lisäksi purua käyttävät sellutehtaat sekä lastu- ja kuitulevytehtaat käyttävät raaka-aineenaan purua ja haketta.



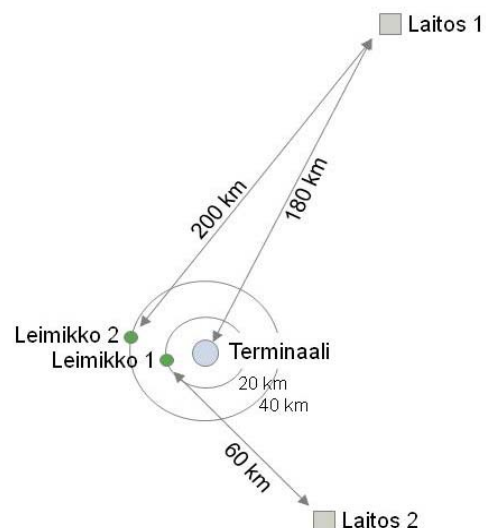
Kuva 7. Puupolttoaineen kysyntä laitoksittain vuonna 2015

5 PUUPOLTTOAINEIDEN TOIMITUSTEN OPTIMOINTI

5.1 Esimerkki toimitusten ohjautumisesta

Tienvarsihaketuksen perustuvissa toimituksissa puupolttoaineiden ohjautumiseen leimikosta voimalaitoksille vaikuttavat tarjonta (leimikoista saatava puupolttoaine), kysyntä (voimalaitosten puupolttoaineiden tarve), käytettävissä olevat kuljetusmuodot, etäisyydet leimikoista terminaleihin ja voimalaitoksille sekä voimalaitosten maksukyvyt. Kuvassa 8 on tarkasteltu esimerkkitilannetta, jossa kahden eri leimikon tarjonnasta kilpailee kaksi eri laitosta. Vaihtoehtoisia käytettävissä olevia kuljetusmuotoja ovat autokuljetus ja junakuljetus.

- **Leimikko 1, 20 km rautatieterminaalista**
 - Rautatiekuljetus laitokselle 1 on autokuljetusta kannattavampi, mutta laitoksen 2 maksukyky ylittää laitoksen 1 maksukyvyn riippumatta kuljetustavasta
→ Leimikko ohjautuu laitokselle 2
- **Leimikko 1, 20 km rautatieterminaalista**
 - Laitoksen 2 kysyntä on jo katettu
→ Leimikko ohjautuu laitokselle 1 junakuljetuksella
- **Leimikko 2, 40 km rautatieterminaalista**
 - Autokuljetus molemmille laitoksille junakuljetusta kannattavampaa

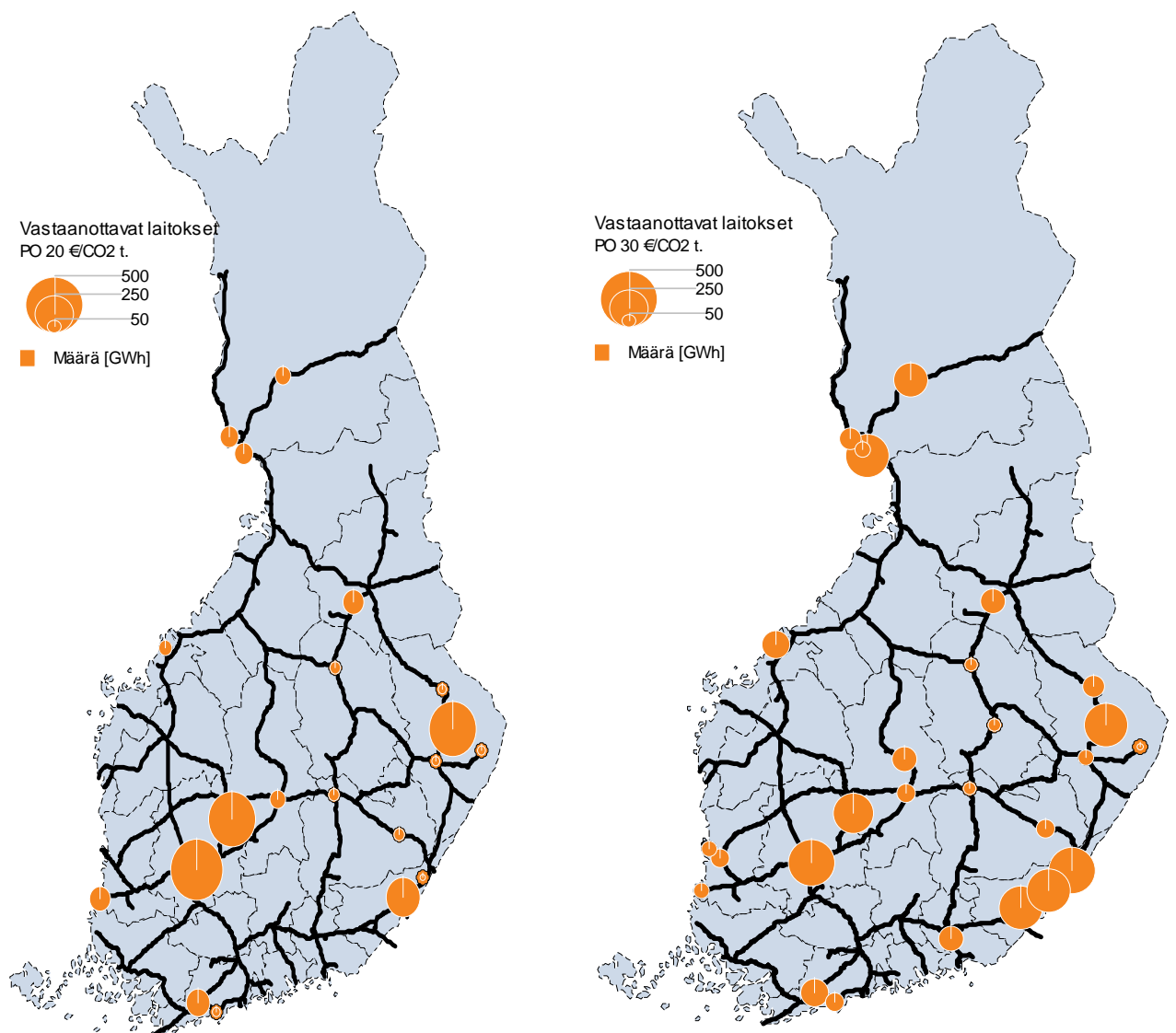


Kuva 8. Esimerkki tienvarsihaketuksen perustuvien puupolttoaineiden toimitusten ohjautumisesta leimikoista voimalaitoksille.

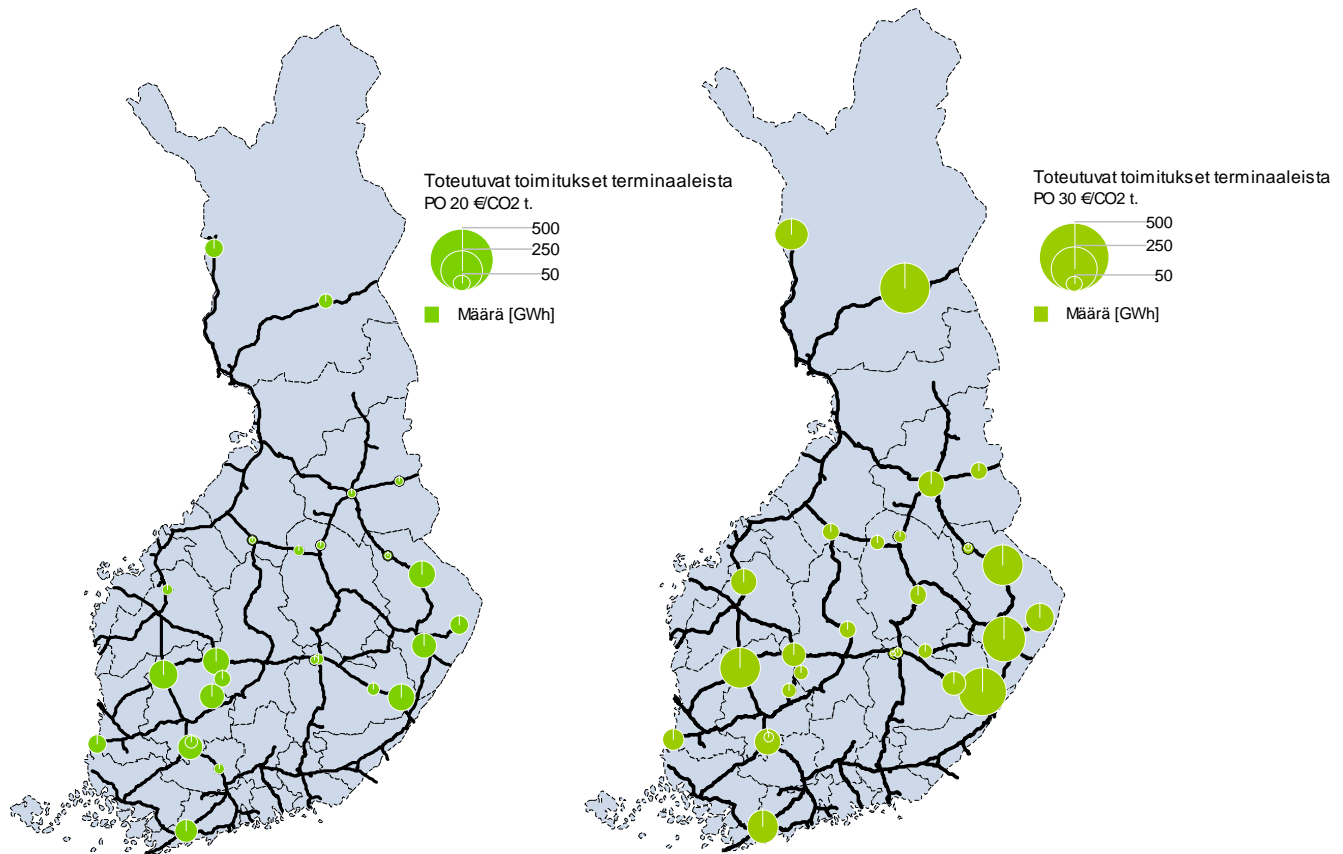
5.2 Valtakunnalliset tarkastelut

Vuonna 2015 puupolttoaineiden kokonaiskäyttömäärä on 42 TWh päästöoikeuden hinnalla 20 €/CO₂-tonni. Tästä 10 TWh on metsäteollisuuden sivutuotteita, jotka hyödynnetään tuotantopisteen välittömässä läheisyydessä samalla laitosalueella. Markkinaehtoisia puupolttoainetoimituksia syntyy siis noin 32 TWh. Näistä toimituksista autokuljetusten osuus on 92 % (29 500 GWh) ja rautatiekuljetusten osuus 8 % (2 570 GWh = n. 3 milj. i-m³). Taloudellisesti kannattavia rautatietoimituksia olisi mahdollista toteuttaa jopa 3,8 TWh, mutta tälle määrälle ei löydy tässä markkinatilanteessa riittävästi kysyntää. Toimituksia uudella bioaluksella ei synny lainkaan. Toimitetuista polttoaineista sivutuotteita on noin 6 TWh, kantoja 8,3 TWh ja metsähaketta ja pienpuuta 17,7 TWh.

Päästöoikeuden hinnan nousu tasolle 30 €/CO₂-tonni lisää puupolttoaineiden kokonaiskysyntää ja vastaavasti vähentää vaihtoehtoisten raaka-aineiden käyttöä. Puuta kannattaa hankkia yhä kauempaa, jolloin lisäkysyntä kohdistuu erityisesti rautatiekuljetuksiin. Markkinaehtoisia puupolttoainetoimituksia syntyy noin 46 TWh. Näistä toimituksista autokuljetuksilla hankittiin 42,4 TWh ja rautatiekuljetusten määräksi saatiin 3,6 TWh (n. 4,5 milj. i-m³). Aluskuljetuksia ei synny lainkaan. Taloudellisesti kannattavia rautatietoimituksia olisi mahdollista toteuttaa jopa 8,6 TWh, mutta tälle määrälle ei löydy tässä markkinatilanteessa riittävästi kysyntää. Suuret laitokset Kaakkois-Suomessa hankkivat puupolttoaineita kauempaa Itä-Suomen maakunnista ja Kemin alueen voimalaitokset pystyvät hyödyntämään pohjoisen rataverkkoa ja kasvattamaan tällä tavoin puupolttoainetoimituksiaan (kuvat 9–10). Toimitetuista polttoaineista sivutuotteita on noin 6,2 TWh, kantoja 10,1 TWh ja metsähaketta ja pienpuuta 19,7 TWh.



Kuva 9. Haketta rautatiekuljetuksina vastaanottavat voimalaitokset (vasemmalla päästöoikeuden hinta 20 €/CO₂-tonni ja oikealla 30 €/CO₂-tonni).

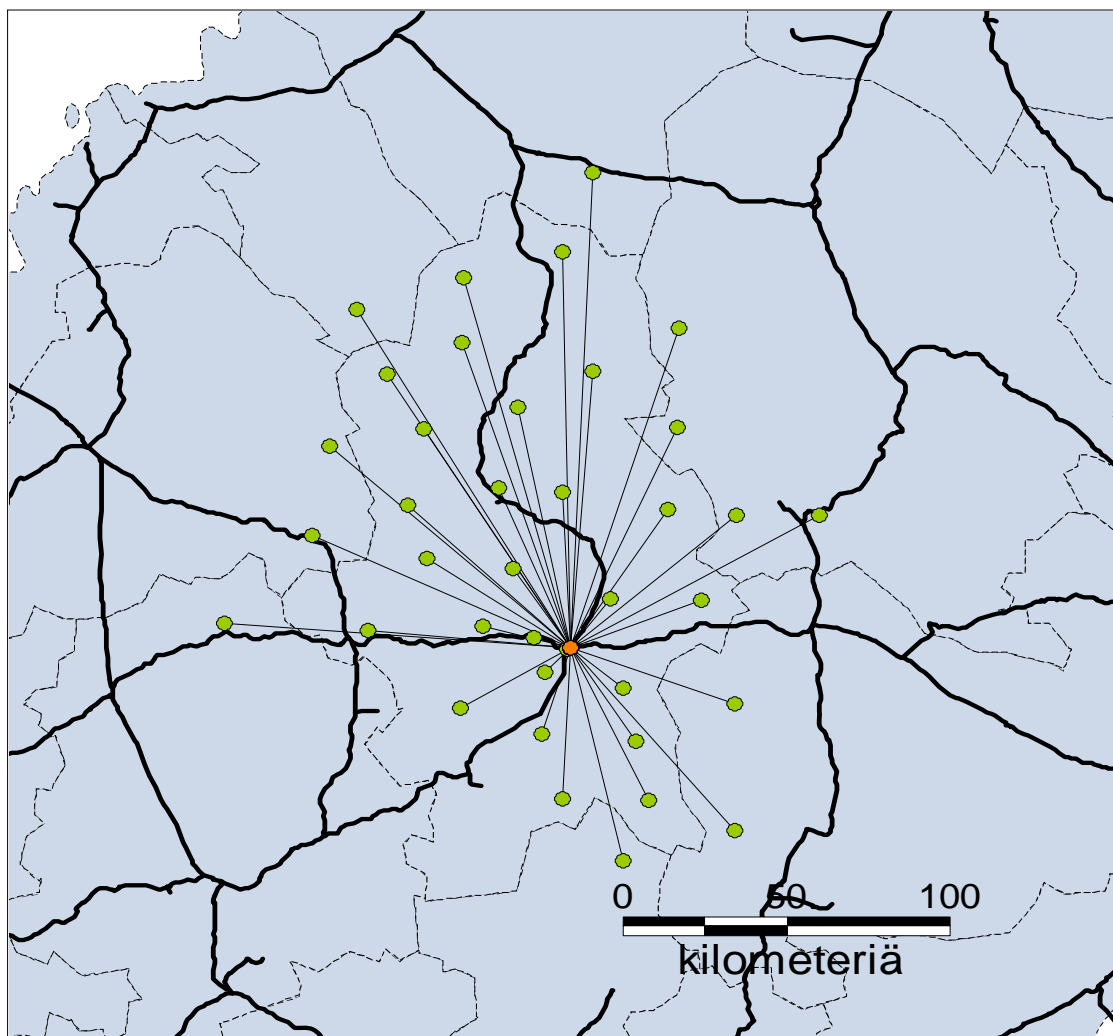


Kuva 10. Haketta rautatiekuljetuksina välittävät terminaalit (GWh) (vasemmalla päästöoikeuden hinta 20 €/CO₂-tonni ja oikealla 30 €/CO₂-tonni).

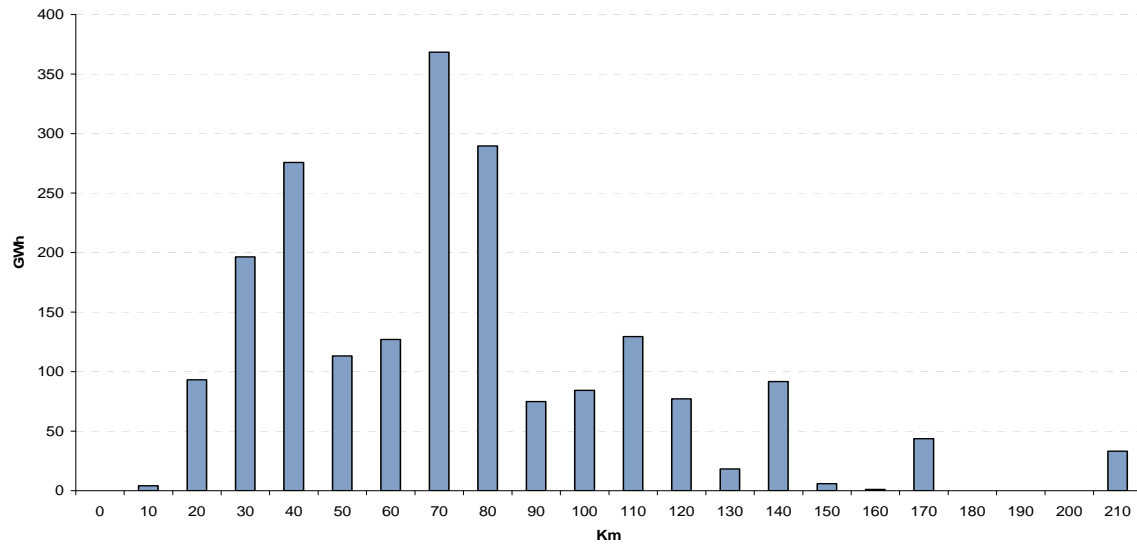
5.3 Keljonlahden voimalaitoksen toimitukset

Optimointien mukaan puupolttoaineiden toimituksia Jyväskylän Keljonlahden voimalaitokselle vuonna 2015 tulee päästöoikeuden hinnalla 20 € ja 30 €/CO₂-tonni yhteensä 2 030 GWh, toisin sanoen voimalaitos saisi kaiken tarvitseman puuraaka-aineen. Toimituksista 97 % (1 970 GWh) on kuorma-autokuljetuksia ja 3 % (60 GWh) junakuljetuksia. Toimitukset autoilla lähtevät suurimmaksi osaksi Keski-Suomen pohjoisosan leimikoista. Autokuljetuksista valtaosa on pituudeltaan alle 150 km:n mittaisia (kuvat 11–12).

Rautatiekuljetusten käyttö Keljonlahden toimituksissa on autokuljetusta edullisempaa ainoastaan Haapamäen ja Haapajärven terminaaleista, joista toimitusmäärä olisi noin 60 GWh. Näiden lisäksi rautatiekuljetusten käyttö olisi tuottajan kannalta taloudellisesti kannattavaa (katteeltaan positiivisia) useista muistakin terminaaleista, mutta on autokuljetusta kalliimpaa (kuva 13). Nämä ovat potentiaalisia junakuljetuksia ja voivat realisoitua, jos autokuljetuksen rahtihinnat nousevat junakuljetusten hintoja nopeammin.

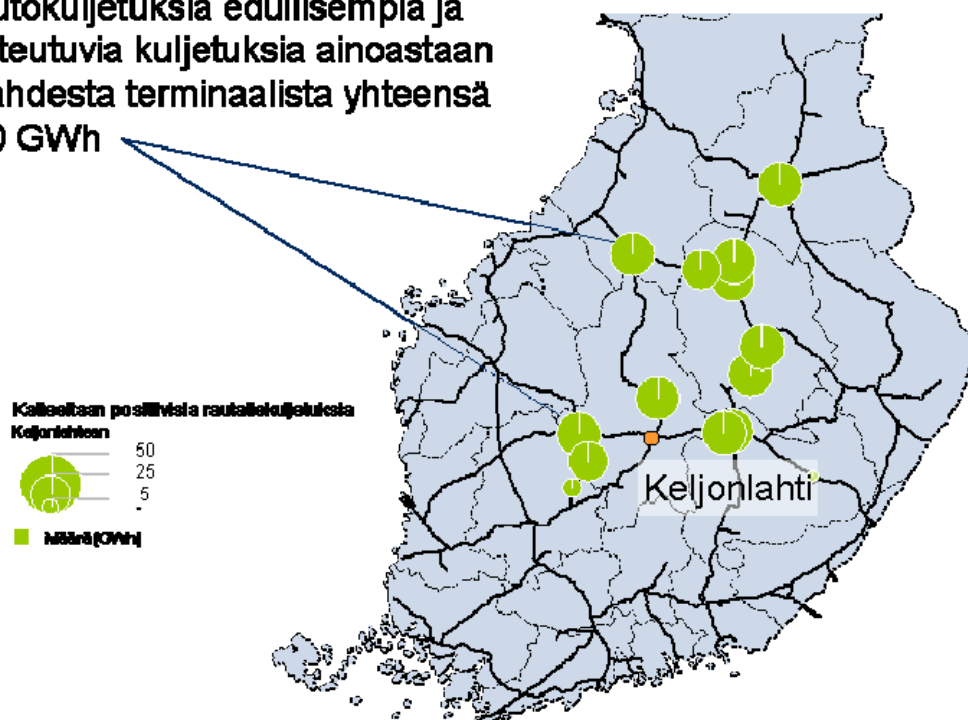


Kuva 11. Puupolttoaineiden ennustetut toimitukset Keljonlahden voimalaitokselle vuonna 2015 (päästöoikeuden hinta 30 €/CO₂-tonni).



Kuva 12. Kuorma-autokuljetusten pituusjakauma Keljonlahden toimituksissa. (päästöoikeuden hinta 30 €/CO₂-tonni).

Autokuljetuksia edullisempia ja toteutuvia kuljetuksia ainoastaan kahdesta terminaalista yhteensä 60 GWh



Kuva 13. Rautatieterminaalit, joista puupolttoaineiden toimitukset olisivat taloudellisesti kannattavia (päästöoikeuden hinta 20 € ja 30 €/CO₂-tonni). Toimitukset (60 GWh) vain Haapamäen ja Haapajärven terminaaleista ovat autokuljetuksia edullisempia.

5.4 Epävarmuustekijöiden arviointi

5.4.1 Kuljetusmuotojen kustannukset

Rautatiekuljetusten kustannukset

Rautatiekuljetusten rahtihintatasoa arvioitiin raakapuukuljetusten rahtihintatietojen ohella laskennallisesti Ruotsin Banverketin tavaraliikenteen laskentamallia käyttäen. Mallin perusteella lasketut kuljetuskustannukset ovat selvästi raakapuun kuljetusten rahtihintatietojen perusteella määritettyä tasoa korkeammat.

Tarkasteluissa käytettyjen raakapuukuljetusten rahtihintatietojen perusteella määritetty kustannusfunktio voi olla liian matala mm. sen vuoksi, että raakapuun kuljetuksissa käytettävät junakoot ovat suuria, kuljetuksissa käytettävä veturi- ja vaunukalusto pääosin vanhaa (esim. Dv 12 dieselveurit), minkä vuoksi kaluston pääomakustannukset ovat pienet. Sen sijaan hakekuljetuksiin soveltuva vaunukalustoa on vähän ja sähköistämättömillä rataosilla liikennöivät dieselveturit on tulevaisuudessa korvattava uudemmallalla kalustolla. Tällöin rahtikustannustaso olisi todennäköisesti korkeampi kasvavien pääomakustannusten vuoksi. Optimoinneissa käytetty hintatasoa voidaan pitää minimitasona. Vastaavasti optimointien mukaisia rautatiekuljetusten määriä voidaan pitää maksimitasona tienvarsihaketukseen perustuvissa toimituksissa.

Uuden bioaluksen kustannukset

Uuden bioaluksen kustannuksista aluksen pääomakustannukset muodostavat yli 40 %. Tämä on suurin este aluksen käytön liiketaloudelliselle kannattavuudelle. Toiminnan kannattavuus edellyttäisi ainakin alkuvaiheessa toiminnan huomattavaa taloudellista tukemista julkisista varoista. Tällainen tuki vääristäisi kilpailua ja heikentäisi alusliikenteen edellyttämien investointien yhteiskuntataloudellista kannattavuutta.

Kustannustekijöiden muutosten vaikutuksia

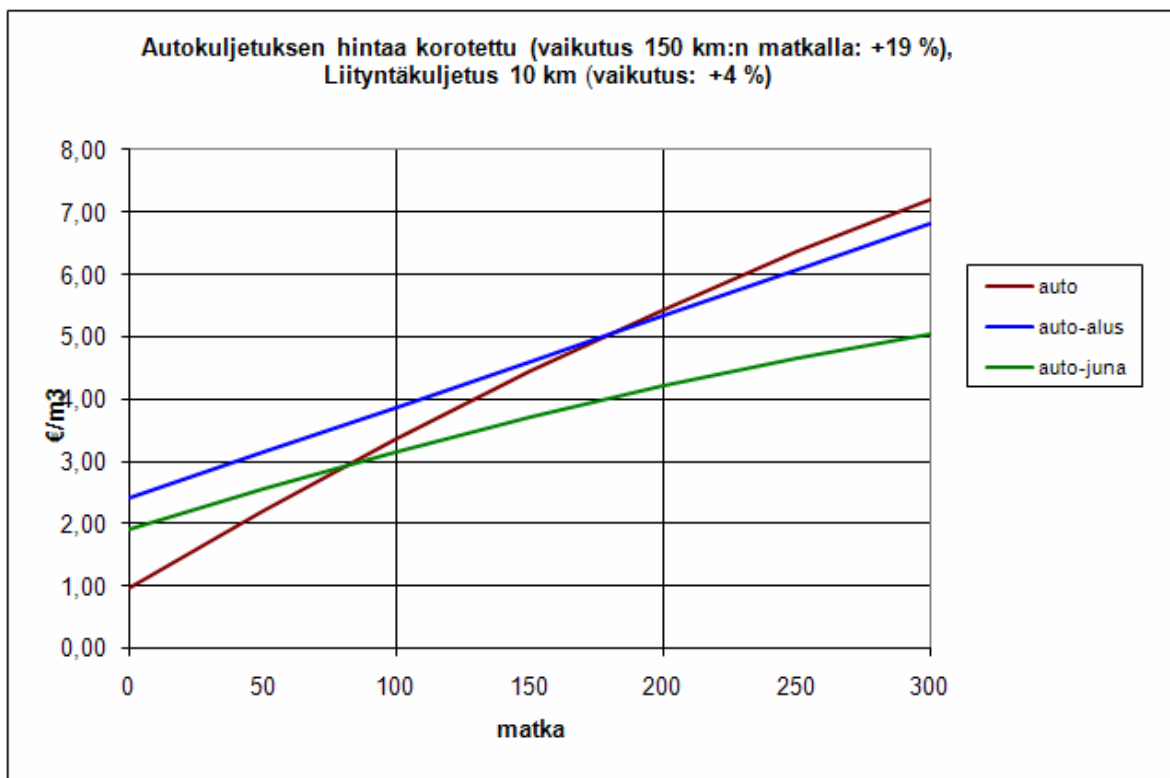
Kuljetusmuotojen välinen kilpailukyky voi tulevaisuudessa muuttua. Merkittävimpiä muutostekijöitä ovat polttoaineen verollinen hinta, päästökaupan tulo kuljetuksiin, uudet tienkäyttömaksut sekä kuljettajaresurssit.

Polttoaineen hinta on merkittävä kaikkiin kolmeen kuljetusmuotoon vaikuttava kustannustekijä. Rautatiekuljetuksessa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää myös sähköenergiaa, jos lastauspaikkoja varustetaan sähköjohtojen kääntöorsin.

Tiekuljetuksessa dieselpolttoaineen osuus kokonaiskustannuksista on noin 25 %. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi 50 %:n nousu polttoaineen hinnassa nostaisi tiekuljetuksen kustannuksia noin 12,5 % ja 100 %:n nousu noin 25 %. Päästökaupan tulo tiekuljetuksiin nostaisi tiekuljetuksen kustannusta korkeintaan muutamia prosentteja. Esimerkiksi 20 €/tonni (CO₂) suuruinen päästöoikeuden hinta nostaisi kustannusta keskimäärin 2,1 %.

Esimerkki autokuljetuksen kustannusnousun vaikutuksesta

Kuvassa 14 tarkastellaan kuljetusmuotojen kilpailukyyn muutosta tilanteessa, jossa autokuljetuksen hinta kasvaa, mutta muiden kuljetustapojen hinnat pysyvät ennallaan. Autokuljetuksen hinnan nousu on sitä suurempi, mitä pidempi on kuljetusmatka. Kustannukset kasvavat alus- ja junakuljetuksen edellyttämällä 10 kilometrin alkukuljetusmatkalla vain 4 %, mutta suoran autokuljetuksen 150 km:n matkalla jo 19 %. Tällainen autokuljetuksen kustannusnousu parantaa sekä junakuljetuksen kilpailukykyä asuoraan autokuljetukseen nähden. Junakuljetus olisi laskennallisesti kannattava jo alle 100 kilometrin etäisyyksillä. Sen sijaan aluskuljetuksen käyttö tulisi tässäkin tapauksessa kannattavaksi vasta yli 180 km:n kuljetusmatkoilla, joita ei ole Päijänteen ja Keiteleen vesistöalueella.



Kuva 14. Esimerkki autokuljetuksen hinnan vaikutuksesta kuljetusmuotojen kilpailukykyyn.

5.4.2 Haketuspaikan ja välivarastoinnin merkitys

Laadituissa optimoinneissa puuraaka-aine on oletettu haketettavan toimituksen alkupäässä eli leimikon välittömässä läheisyydessä tienvarressa. Tienvarsihaketuksella saadaan hakkeen vaatimaa tilavuutta ja kuljetuskustannuksia pienennettyä ja se on tällä hetkellä yleisimmin käytetty toimintatapa puupolttoaineen hankinnassa. Tämä ei kuitenkaan ole välttämättä kokonaistaloudellisesti edullisin toimintatapa, sillä se edellyttää mm. huomattavaa haketuskoneiden siirtotarvetta. Tulevaisuudessa välivarastointi eli terminaalitoiminta tulee yleistymään ja osa nykyisestä tienvarsihaketuksesta tulee siirtymään terminaaliin haketettavaksi. Välivarastointiin käytettävä terminaali voi palvella yksinomaan autokuljetusta, tai se voi toimia samalla myös rautatiekuljetusten tai aluskuljetusten edellyttämänä lastaustermiinalina.

Haketus voidaan toteuttaa tienvarsihaketuksen ja terminaalihaketuksen lisäksi toimitusketjun loppupäässä voimalaitoksella. Haketus vastaanottoaikassa vaatii huomattavaa tilantarvetta, joihin ei ainakaan suurilla voimalaitoksilla ole mahdollisuuksia. Haketus toimituksen loppupäässä nostaa myös merkittävästi kuljetuskustannuksia raaka-aineen pienen tilavuuspainon vuoksi. Voimalaitosten tuotannon kannalta tärkeää on tasainen ja jatkuva raaka-ainevirta. Parhaiten tämä on pitkällä tähtäimellä toteutettavissa välivarastoinnilla. Tienvarsihaketuksen on kuitenkin arvioitu säilyttävän asemansa yleisimpänä haketusmuotona pitkälle 2010-luvulle.

Eri kuljetusmuotojen välinen kilpailukyky voi muuttua, kun haketus hoidetaan leimikkojen ja voimalaitosten välillä sijaitsevilla terminaaleilla. Autokuljetuksille tämä merkitsee yhtä lisälastausta kuorma-autoon. Sen sijaan juna- ja aluskuljetusketjussa hakkeen lisäkäsittelytarvetta ei synny, kun haketuspaikka toimii myös rautatie- tai aluskuljetustermiinalina. Edullisin jatkokuljetustapa tällaisesta terminaalista riippuu toisaalta kuljetustavan peruskustannuksesta (ks. kuva 2) ja kuljetusetäisyydestä väyläverkkoa pitkin. Toisaalta esimerkiksi Keski-Suomen rata- tai vesitieverkon terminaalit ovat optimaalisia haketuspaikkoja vain lähellä terminaalia sijaitsevista leimikoista hankittavalle puulle tai kun terminaali sijaitsee leimikon ja laitoksen välisessä pääkuljetussuunnassa. Kokonaiskustannusten minimoinnin vuoksi haketus onkin usein taloudellisinta toteuttaa pelkästään autokuljetuksiin soveltuissa terminaaleissa.

6 KULJETUSTEN YHTEISKUNTATALOUDELLISIA VAIKUTUKSIA

6.1 Väylänpidon kustannukset

Seuraavassa arvioidaan puupolttoainekuljetusten aiheuttamia muuttuvia väylien käytön ja kuluminen sekä uusinvestointien aiheuttamia kustannuksia eri liikennemuodoilla. Tarkastelu ei sisällä puupolttoaineiden aiheuttamia kustannuksia yksityisellä metsäautotieverkolla, jolla eri kuljetusmuotojen käytön aiheuttamat kustannukset ovat käytännössä samansuuruiset.

Tiestön kuluminen

Tiehallinnon selvityksen² mukaan tiestön laskennallinen tiestön kulumisen kustannuksista perävaunullisten kuorma-autojen aiheuttamaksi arvioitiin noin 20 %. Tiehallinnon talous- ja toimintasuunnitelman 2009–2013 mukaan korvaus- ja ylläpitoinvestointien määrä TTS-kaudella on keskimäärin noin 230 M€ vuodessa. Raskaan liikenteen aiheuttamaksi osaksi voidaan arvioida em. selvitykseen perusteella arvioida noin 20 % eli noin 45 M€. Tiekuljetusten vuotuinen kuljetussuorite vuonna 2008 oli 26,7 mrd tonnikipometriä. Keskimääräinen tien kulumisen kustannus on siten noin 0,2 senttiä/tonnikilometri (hakekuljetuksissa noin 0,05 senttiä/i-m³km).

Radan kuluminen

Radan kulumisen kustannus rajakustannus on Ratahallintokeskuksen selvityksen³ 0,09–0,4 sentti/bruttotonnikipometri (vuoden 2005 hinnoissa). Nykyinen ratamaksun perusmaksu (0,1227 snt/brtkm) tavaraliikenteessä vastaa edellä mainittua rajakustannusta. Puupolttoaineiden kuljetuksessa rajakustannus on noin 0,3 senttiä tonnikilometriä kohti.

Vesiväylien käyttö ja kunnossapito

Sisävesikuljetusten muuttuvat kustannukset muodostuvat lähinnä kanavien käytöstä ja ylläpidosta sekä vesiväylien ylläpidosta. Uusi bioalus ei tarvitse jäänmurtoapua. Suurin lisäkustannus (0,3 M€/vuosi) aiheutuisi sulkujen käytöstä talviolosuhteissa.

Puupolttoainekuljetusten edellyttämät investoinnit

Kaikkia kuljetusmuotoja koskeva investointitarve on haketukseen ja hakkeen välivarastointiin soveltuvien alueiden rakentaminen. Nämä alueet voivat toimia myös junavaunujen ja alusten kuormauspaikkoina eli terminaaleina.

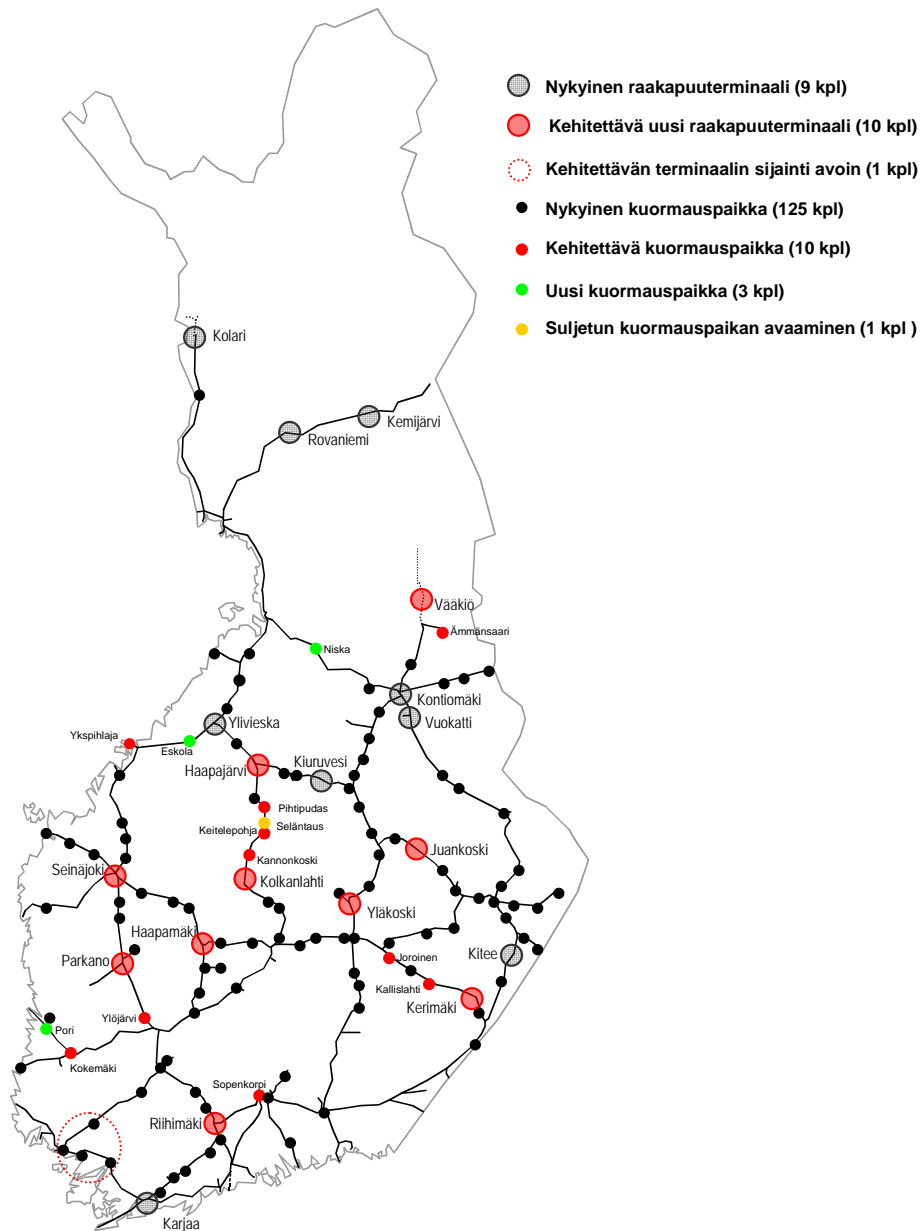
Junakuljetusten terminaaliverkoston suunnittelun lähtökohtana voidaan käyttää nykyistä raaka-puun kuormauspaikka- ja terminaaliverkostoa ja sitä koskevia kehittämissuunnitelmia. Haketus ja

² Tienpidon kulujen kohdentaminen tienkäyttäjille, Tiehallinnon selvityksiä 11/2009.

³ Radan kulumisen rajakustannukset 1997–2005, RHK A2/2005.

hakkeen välivarastointi vaatii raakapuukuljetuksiin nähden huomattavasti enemmän tilaa, minkä vuoksi nykyiset kuormauspaikat eivät välttämättä sovellu tällaiseen toimintaan. Parhaiten hakkeen käsittely ja kuormaus soveltunee olemassa oleviin raakapuuterminaleihin, joita on yhdeksän kappaletta. Terminaaliverkkoa pyritään Ratahallintokeskuksen toimesta laajentamaan käsittämään 19 terminaalialueita koskevaksi verkoksi. Suunnitellut terminaalikohteet (kuva 15) sijaitsevat pääosaksi alueilla, joilla on tämän selvityksen mukaan myös suurimmat hakkeen junakuljetusten potentiaalit. Kehitettävissä uusissa terminaleissa voidaan ottaa parhaiten huomioon myös hakkeen käsittelyn edellyttämät tarpeet.

Uuden bioaluksen liikennöinnin edellyttämiä investointeja ovat Keiteleen kanavan ylittävän kahden maantiesillan ja kahden ratasillan muutostyöt vastaamaan alusliikenteen edellyttämää 8 metrin alikulkukorkeutta, kanavan tehtävät talviliikenteen edellyttämät parannukset, väylästä ongelmakohteiden parantaminen sekä tarvittavan terminaaliverkon kehittäminen. Alustavien arvioiden mukaan silta- ja vesiväyläjärjestelyiden kustannukset ovat noin 25 M€ ja kymmenen terminaalialueen kattavan terminaaliverkon noin 15 M€.



Kuva 15. Ratahallintokeskuksen laatima raakapuun kuormauspaikka- ja terminaali-verkon kehittämissuunnitelma (lähde: RHK A4/2009).

6.2 Päästöt

LIPASTO:n yksikköpäästöjen mukaan täysiperävaunun kuorma-auton CO₂-päästö on täydessä lastissa (40 tonnia) 1335 g/km ja tyhjänä 1000 g/km. Kun kuorma-auton lasti hakekuljetuksissa on noin 130 m³, tulee hiilidioksidipäästön suuruudeksi paluumatka huomioon ottaen noin 18 g/i-m³km. Tämän lisäksi päästöjä aiheuttaa lastauskaluston käytöstä.

Junakuljetusten osalta CO₂-päästöjen arviointi perustuu diesel- ja sähköveturin veturin vetämään hakejunaan, jonka pituus on 10 vaunua (tilavuus 1500 m³). Veturien ominaiskulutukseen ja LIPASTO:n päästökertoimiin perustuen dieselvetoisen junakuljetuksen päästö on noin 13 g/i-m³km

ja sähkövetoisen junakuljetuksen noin $3 \text{ g/i-m}^3\text{km}$. Päästöjä aiheutuu lisäksi lastauskaluston käytöstä ja junien vaihtotöistä.

Uuden bioaluksen CO_2 -päästö arvioitiin aluksen energiankulutukseen ja maakaasuun päästöker-toimeen (1 kg polttoainetta synnyttää 2,8 kg:n suuruisen hiilidioksidipäästön). Lastauksen suuren energiankulutuksen vuoksi päästön suuruus on riippuvainen kuljetusmatkan pituudesta. Ympäri-vuotisella tasolla päästö on keskimäärin noin $18 \text{ g/i-m}^3\text{km}$, kun keskikuljetusmatka on 100 km.

6.3 Onnettomuudet

Merkittävimmät vaikutukset liikenneonnettomuuksiin on autokuljetuksilla. Junakuljetusten onnettomuudet ovat lähinnä tasoristeysonnettomuuksia. Keskimäärin tasoristeystä kohti tapahtuu yksi onnettomuus kerran sadassa vuodessa. Sisävesikuljetuksissa henkilövahinkoihin johtavia onnettomuuksia ei ole tapahtunut kuin hyvin satunnaisesti.

Autokuljetusten aiheuttamien henkilövahinko-onnettomuuksien määrää voidaan arvioida keskimääräisen onnettomuusasteen perusteella, joka on esimerkiksi kapealla maaseudun tiellä noin 0,1 henkilövahinko-onnettomuutta miljoonaa ajoneuvokilometriä kohti. Yhden henkilövahinko-onnettomuuden yhteiskuntataloudellinen kustannus on 0,471 M€. Onnettomuuskustannus hakekuljetuksissa on siten noin 0,07 senttiä/ $\text{i-m}^3\text{km}$.

7 BIOALUKSEN KÄYTÖN EDELLYTTÄMIEN VÄYLÄINVESTOINTIEN KANNATTAVUUS

Arviontimenetelmä

Liikenne- ja viestintäministeriön liikenneinvestointien kannattavuuslaskelmia koskevan ohjeen mukaan hankkeen kannattavuus lasketaan hyöty-kustannusanalyysin perustella seuraavasti:

HK-suhde = Investoinnin hyödyt/investoinnin pääomakustannukset.

Hanke on yhteiskuntataloudellisesti kannattava, kun sen HK-suhde on vähintään 1,0. Laskelmassa hyödyt arvioidaan 30 vuoden pituiselta ajanjaksolta hankkeen valmistumisesta. Vuotuiset kustannukset ja hyödyt muutetaan nykyarvoiksi 5 %:n laskentakorolla.

Hankkeen pääomakustannuksiin lasketaan rakennuskustannusten ohella ns. rakennusaikaiset korot.

Kannattavuuslaskelmassa tarkasteltavat hyödyt ovat:

- kuljetuskustannussäästöt
- väylänpidon kustannusmuutokset
- päästökustannusten muutos
- onnettomuuskustannusten muutos
- investointien jäännösarvo tarkastelujakson lopussa (25 % uushankintahinnasta)

Tienvarsihaketus

Koska uudelle bioalukselle ei synny markkinahintaisia rahtihintoja käyttäen lainkaan kuljetuskysyntää, ei aluksen käytön edellyttämät silta- ja vesiväyläinvestoinnit ole yhteiskuntataloudellisesti kannattavia.

Terminaalihaketus

Seuravavassa arvioidaan bioaluksen käytön kannattavuutta, mikäli Keljonlahden puupolttoaineiden toimitukset (noin 2,5 milj. i-m³) perustuisivat täysimääräisesti terminaalihaketukseen ja aluskuljetusten käyttöön. Tällöin bioaluksen ympärivuotinen kuljetuskapasiteetti olisi kokonaan hyödynnetty. Vertailuvaihtoehdossa kaikki kuljetukset hoidetaan autokuljetuksina samojen terminaalien kautta kuin aluskuljetusvaihtoehdossa.

Aluskuljetusten käytön vaikutukset väylänpidon kustannuksiin ja liikenteen ulkoisiin kustannuksiin ovat seuraavat:

- Tiestön kulumisen kustannukset vähenevät noin 0,1 M€:n vuodessa. Vesiväylien ylläpito-kustannukset nousevat noin 0,3 M€ vuodessa, jos Keiteleeseen kanavaa käytetään myös tal-

vella. Tämä on myös edellytys Keljonlahden puupolttoaineiden saannin turvaamiseksi. Väylänpidon kustannukset kasvavat siten noin 0,2 M€/vuosi.

- Tiekuljetusten vuotuiset CO₂-päästöt vähenevät noin 4500 tonnia (sisältää myös lastauksen), mikä synnyttää noin 0,15 M€:n suuruisen säästön (CO₂:n haitta-arvo on 32 €/tonni). Vastaavasti aluskuljetusten päästöt kasvavat noin 3500 tonnia ja siitä aiheutuvat lisäkustannukset ovat noin 0,1 M€/vuosi. Päästökustannukset vähenevät siten noin 0,05 M€/vuosi.
- Tieliikenteen henkilövahinko-onnettomuudet vähenevät keskimäärin noin 0,2 onnettomuudella vuodessa, mistä aiheutuvat säästöt ovat noin 0,14 M€/vuosi (henkilövahinko-onnettomuuden kustannus on 0,471 M€).

Aluskuljetusten käyttöön siirryttäessä väylänpidon ja liikenteen ulkoisten kustannusten summa ei käytännössä muutu lainkaan ($0,2 - 0,05 - 0,14 = 0,01$ M€).

Silta- ja vesiväyläinvestointien (25 M€) aiheuttamat pääomakustannukset ovat noin 26 M€, kun rakennusajaksi oletetaan yksi vuosi. Aluskuljetusten edellyttämää terminaaliverkon rakentamista (15 M€), ei oteta laskelmissa huomioon, koska terminaaliverkko palvelee myös autolla hoidettavia kuljetuksia (periaatteessa aluskuljetuksille tulisi kuitenkin kohdentaa se osa investoinneista, joka palvelee yksinomaan aluksia). Investointien jäännösarvon nykyarvo on 1,4 M€.

Jotta kannattavuutta osoittava HK-suhde olisi vähintään 1,0, on alusten käytöllä saavutettavien kuljetuskustannussäästöjen nykyarvon oltava vähintään noin 24,6 M€ ($= 26 \text{ M€} - 1,4 \text{ M€} + 0,01 \text{ M€}$). Tämä edellyttää noin 1,6 M€:n suuruisia vuotuista kuljetuskustannussäästöä. Tällöin aluskuljetuksen on oltava noin 0,6 €/i-m³ edullisempi kuin autokuljetuksen kaikissa Keljonlahden puupolttoaineiden toimituksissa. Kuljetusmuotojen kustannusvertailun mukaan tähän ei voida päästä edes teoreettisesti. Käytännössä kaikkia Keljonlahden puupolttoaineen kuljetuksia ei voitaisi myöskään hoitaa aluskuljetuksina, koska energiahuollon varmuuden vuoksi tarvitaan myös muita kuljetustapoja. Lisäksi autokuljetuksia varten olisi toteutettavissa terminaaleja, jotka sijaitsevat kokonaistaloudellisesti alustermiinaaleja edullisemmissa paikoissa.

Puupolttoaineiden kuljetusten ohella yhteiskuntataloudellisia kustannussäästöjä voidaan uudella bioaluksella saavuttaa myös turpeen kuljetuksissa. Käytännössä bioaluksen kilpailukyky näissä kuljetuksissa on huono, koska autoilla turve voidaan kuljettaa suoraan perille ilman välikäsitteilyä, kun aluskuljetus vaatii aina kustannuksia nostavan alkukuljetuksen. Tämän vuoksi investointien kannattavuuden edellyttämiä lisähyötyjä ei ole saavutettavissa turpeen kuljetuksissa.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Autokuljetus tulee säilymään selvästi tärkeimpänä puupolttoaineiden kuljetusmuotona. Optimointien mukaan suurin osa vuoden 2015 toimituksista tulee olemaan lyhyitä, alle 100 kilometrin pituisia kuljetuksia. Tällöin autokuljetusten markkinaosuus on muiden kuljetusmuotojen tarjonnan lisäyksestä ja päästöoikeuden kehityksestä riippumatta yli 90 %.

Uuden bioaluksen suurten investointikustannusten vuoksi aluksen kilpailukyky edellyttäisi tehokasta ympärivuotista käyttöä. Tämä tarkoittaa noin 2–3 miljoonan irtokuution (1,6-2,4TWh) vuotuista kuljetusmäärää. Tähän ei Päijänteen ja Keiteleen vesistöalueella voida päästä. Tienvarsihaketukseen perustuvissa toimituksissa aluskuljetuksia ei todennäköisesti syntyisi lainkaan. Suurin syy tähän on aluksen korkeat pääomakustannukset. Aluksen käytön edellyttämä kilpailukykyinen rahtitaso olisi saavutettavissa ainoastaan aluksen hankintaan kohdistuvan tuen avulla.

On todennäköistä, että puupolttoaineiden toimituksissa tullaan siirtymään ainakin osaksi terminaalien kautta tapahtuviin toimituksiin. Tällöin aluskuljetusten kilpailukyky paranee, mutta alustoimituksissa ei päästä liiketoiminnan kannattavuuden edellyttämiin kuljetusmääriin. Käytännössä tämä edellyttäisi koko Keljonlahden vuotuisen puupolttoaineen kuljettamista, mikäli alukselle ei löydy muuta kuljetuskysyntää. Pääosa voimalaitoksen käyttämisestä puupolttoaineista tulee Jyväskylän pohjoispuolelta, jolloin bioaluksen käyttö edellyttäisi neljän Keiteleen kanavan ylittävän sillan korottamista sekä investointeja vesiväylästään. Nämä investoinnit eivät ole yhteiskuntataloudellisesti kannattavia, vaikka kaikki toimitukset perustuisivat terminaalihaketukseen ja aluskuljetusten käyttöön.

Vesitiekuljetusten hyödyntäminen metsähakkeen kuljetuksissa ei kuitenkaan ole poissuljettua. Kuljetuksia voidaan hoitaa myös proomukalustolla, jota on käytetty Saimaalla jo pitkään raaka-puun kuljetuksissa. Lappeenrannan teknillisen yliopiston laatimassa selvityksessä⁴ proomukuljetusten todettiin olevan autokuljetusta edullisempi jo hieman yli 100 kilometrin etäisyyksillä. Proomukuljetusten sisällyttäminen tähän selvitykseen olisi todennäköisesti vaikuttanut ainakin Saimaan vesistöalueella käytettävien kuljetusmuotojen markkinaosuuksiin.

Tienvarsihaketukseen perustuvissa toimituksissa junakuljetusten käyttö on edullisin kuljetusmuoto pitkissä kuljetuksissa. Nykytilanteessa voimalaitosten ei kannatta kuitenkaan hankkia puupolttoaineita kovin kaukaa, sillä puupolttoaineita on saatavissa riittävästi laitosten ympäristöstä. Päästöoikeuden hinnan noustessa ja puupolttoaineiden kysyntä ja kuljetusmatkat pidentyvät, mikä lisää rautatiekuljetusten käyttöä. Junakuljetusten käyttö voi olla kannattava myös lyhyillä matkoilla, mikäli puu haketetaan joka tapauksessa leimikon ja energialaitoksen välillä sijaitseissa terminaaleissa, jossa on mahdollisuus jatkokuljetukseen rautateitse.

Rahtihintatasoon perustuvan epävarmuuden vuoksi optimointien mukaiset rautatiekuljetusten määrät (päästöoikeuden hinnasta riippuen 3,2–4,5 milj. i-m³ /vuosi) edustavat maksimitasoa. To-

⁴ Metsäpolttoaineiden vesitiekuljetus proomukalustolla. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Energia- ja ympäristötekniikan osasto. Tutkimusraportti EN B-177.

dellinen kuljetusmäärä voi jäädä pienemmäksi myös sopivien kuormaustermiinaalien vähäisyyden vuoksi. Kotimaan raakapuun rautatiekuljetusten ennustetun kasvun vuoksi raakapuun kuormauspaikoilla ei ole kapasiteettia (varastoalueita ja raiteita) välittää suuria hakemääriä. Rautatiekuljetusten kysynnän kannalta tärkeintä ei välttämättä terminaaliverkon tiheys vaan se, että isot terminaalit ovat oikeissa paikoissa. Optimointitulosten perusteella hakkeen terminaalitoiminnan kehittämiskohteet ovat suureksi osaksi samoja kuin Ratahallintokeskuksen esittämät raakapuun terminaalitoiminnan kehittämiskohteet. Hakkeen kuljetuksissa painopiste on kuitenkin enemmän Itä-Suomessa kuin raakapuun kuljetuksissa. Saimaan vesistöalueella proomukuljetukset tosin kilpailevat osittain samoista toimituksista.

Jyväskylän uuden Keljonlahden voimalaitoksen puupolttoaineen tarpeesta on mahdollista päästöoikeuden hinnoilla 20 tai 30 €/CO₂-tonni tyydyttää 100 %. Keljonlahden voimalaitoksen puupolttoaineen kuljetuksissa autokuljetusten osuus tulee olemaan erittäin merkittävä. Rautatiekuljetusten osuus jää tienvarsihaketukseen perustuvissa toimituksissa hyvin pieneksi (noin 3 %). Terminaalihaketuksen yleistyminen tulee kuitenkin todennäköisesti nostamaan markkinaosuutta.